

Marie-Christine Gröne

# Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung

Akteure – Strategien – Szenarien









### *Selbstverpflichtung zum nachhaltigen Publizieren*

Nicht nur publizistisch, sondern auch als Unternehmen setzt sich der oekom verlag konsequent für Nachhaltigkeit ein. Bei Ausstattung und Produktion der Publikationen orientieren wir uns an höchsten ökologischen Kriterien.

Dieses Buch wurde auf 100 % Recyclingpapier, zertifiziert mit dem FSC®-Siegel und dem Blauen Engel (RAL-UZ 14), gedruckt. Auch für den Karton des Umschlags wurde ein Papier aus 100% Recyclingmaterial, das FSC®-ausgezeichnet ist, gewählt. Alle durch diese Publikation verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt kompensiert. Die Mehrkosten hierfür trägt der Verlag.

Mehr Informationen finden Sie hinten im Buch und unter: <http://www.oekom.de/allgemeine-verlagsinformationen/nachhaltiger-verlag.html>

© 2018 oekom, München  
oekom verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH,  
Waltherstraße 29, 80337 München

Satz: Marie-Christine Gröne  
Umschlaggestaltung: Elisabeth Fürnstein, oekom verlag  
Umschlagabbildung: © Marie-Christine Gröne  
Druck: CPI Books GmbH, Leck

Diese Veröffentlichung wurde von der Bergischen Universität Wuppertal als Dissertation zur Erlangung eines Doktorgrades (Dr.-Ing.) an der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen angenommen.

Der Originaltitel lautet: *Energiesuffizienz als Strategie zur Unterstützung der Klimaneutralität des Stadtbezirks Wuppertal-Vohwinkel bis zum Jahr 2050*  
Eingereicht am 04. Januar 2017. Tag der Disputation: 27. Juli 2017.

Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr.-Ing. Tanja Siems (Vorsitzende)  
Prof. Dr.-Ing. Oscar Reutter (1. Gutachter)  
Prof. Dr.-Ing. Felix Huber (2. Gutachter)  
Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus (Prüfer)

Dieses Buch wurde auf 100%igem Recyclingpapier gedruckt.

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-96238-069-4

E-ISBN 978-3-96238-499-9

**Marie-Christine Gröne**

**Energiesuffizienz in der  
Stadtentwicklung  
Akteure – Strategien – Szenarien**

Wuppertaler Schriften  
zur Forschung für eine nachhaltige Entwicklung  
Band 10

## **Vorwort der Herausgeber**

Das Wuppertal Institut erforscht und entwickelt Leitbilder, Strategien und Instrumente für Übergänge zu einer nachhaltigen Entwicklung auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Im Zentrum stehen Ressourcen-, Klima- und Energieherausforderungen in ihren Wechselwirkungen mit Wirtschaft und Gesellschaft. Die Analyse und Induzierung von Innovationen zur Entkopplung von Naturverbrauch und Wohlstandsentwicklung bilden einen Schwerpunkt seiner Forschung. In dieser Buchreihe werden herausragende wissenschaftliche Qualifikationsarbeiten der Nachhaltigkeitsforschung vorgestellt. Sie sind in den Forschungsgruppen und im Dissertationsprogramm des Wuppertal Instituts entstanden und wurden in Kooperation mit Hochschulen betreut. Die in dieser Reihe veröffentlichten Schriften wurden als Dissertationen oder Habilitationsschriften an den betreuenden Universitäten angenommen und hervorragend bewertet. Das Wuppertal Institut versteht die Veröffentlichung als wissenschaftliche Vertiefung des gesellschaftlichen Diskurses um den Übergang in eine nachhaltige Wirtschafts- und Lebensweise.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
[www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT DER HERAUSGEGBER</b> .....	<b>4</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>5</b>
<b>VORWORT</b> .....	<b>9</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>13</b>
1.1    Relevanz der Themenstellung .....	13
1.2    Ziele der Arbeit und Forschungsleitfragen.....	15
1.3    Forschungsablauf.....	17
1.4    Aufbau der Arbeit .....	20
<b>2 FORSCHUNGS-LAGE IN HAUPTTHEMENFELDERN</b> .....	<b>22</b>
2.1    Grundlagen zu Suffizienz und suffizientem Verhalten .....	22
2.1.1 <i>Dimensionen des Suffizienz-Begriffs</i> .....	23
2.1.2 <i>Schwierigkeiten und Nachteile von Suffizienz</i> .....	26
2.1.3 <i>Warum Suffizienz dennoch als notwendig angesehen wird</i> .....	29
2.2    Das Themenfeld Stadtentwicklung.....	33
2.2.1 <i>Herausforderungen für die Stadtentwicklung</i> .....	33
2.2.2 <i>Dichtewerte und städtebauliche Leitbilder unter Schrumpfungsbedingungen</i> .....	35
2.2.3 <i>Energiesuffizienz und Stadtentwicklung</i> .....	39
2.3    Das Themenfeld Klimaneutralität .....	40
2.4    Das Themenfeld Mobilität und Verkehr .....	42
2.4.1 <i>Verkehr: ausgewählte Daten und Fakten für Deutschland</i> .....	43
2.4.2 <i>Der Verkehrssektor und Klimaneutralität in Langzeitszenarien</i> .....	46
2.4.3 <i>Energiesuffizienz und Personenverkehr</i> .....	47
2.4.4 <i>Beeinflussung der Verkehrsnachfrage</i> .....	50
2.5    Das Themenfeld Bauen und Wohnen .....	53
2.5.1 <i>Bauen und Wohnen: ausgewählte Daten und Fakten für Deutschland</i> .....	54
2.5.2 <i>Der Gebäudesektor und Klimaneutralität in Langzeitszenarien</i> .....	57
2.5.3 <i>Energiesuffizienz und Raumwärme</i> .....	59
2.5.4 <i>Beeinflussung der Nachfrageseite von Raumwärme</i> .....	61
2.6    Erkenntnisgewinn, Abgrenzungen und Definitionen für den weiteren Verlauf .....	63
2.6.1 <i>Definition von energiesuffizientem Verhalten</i> .....	64

2.6.2	Messbarmachung von energiesuffizientem Verhalten.....	66
<b>3</b>	<b>DAS THEORETISCHE ANALYSEKONZEPT .....</b>	<b>70</b>
3.1	Der Transition-Ansatz.....	70
3.2	Der Akteurzentrierte Institutionalismus.....	78
3.3	Maßnahmen(kategorien) und deren qualitative Wirkungsebenen .....	81
3.4	Bisherige Erkenntnisse und Thesen für den weiteren Verlauf .....	83
<b>4</b>	<b>METHODISCHE GRUNDLAGEN.....</b>	<b>85</b>
4.1	Datenerhebungen .....	86
4.1.1	Episodisches Interview .....	86
4.1.2	(Fokus)Gruppendiskussion .....	87
4.1.3	Ortsbegehung mit Akteuren .....	88
4.1.4	Experteninterview .....	89
4.1.5	Akteursbefragung mit Gedankenexperiment.....	91
4.1.6	Akteursworkshop .....	95
4.1.7	Kartierung .....	96
4.1.8	Schriftliche Expertenbefragung im Delphi-Verfahren .....	97
4.2	Aufbereitung der Daten und ihre Auswertung.....	101
4.2.1	Qualitative Inhaltsanalyse .....	101
4.2.2	Primär- und sekundärstatistische Daten .....	102
4.2.3	Szenarioanalyse .....	103
<b>5</b>	<b>DER UNTERSUCHUNGSRAUM.....</b>	<b>115</b>
5.1	Wuppertal-Vohwinkel .....	115
5.2	Begründung der Auswahl des Stadtbezirks.....	122
<b>6</b>	<b>DAS HANDLUNGSFELD ENERGIESUFFIZIENZ IN VOHWINKEL: DIE PHASE DER PROBLEMANALYSE .....</b>	<b>124</b>
6.1	Akteursanalyse.....	126
6.2	Analyse des Handlungsfeldes und Problemstrukturierung .....	137
6.2.1	Die Akteurslandschaft und ihre Interaktionsform.....	138
6.2.2	Hemmnisse für energiesuffizientes Verhalten.....	140
6.2.3	Chancen und fördernde Rahmenbedingungen für energiesuffizientes Verhalten .....	142
6.2.4	Räumliche Analyse der Ausgangssituation in Vohwinkel	145
6.3	Energiesuffizienz fördernde Maßnahmen und Strategien .....	150



## **7 BLICK IN DIE ZUKUNFT: DREI SZENARIEN FÜR VOHWINKEL . 157**

7.1	Die Ausgangssituation in Vohwinkel um die Jahre 1990 und 2010.....	159
7.1.1	<i>Alltäglicher Personenverkehr: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für das Basisjahr 2010 und das Startjahr 1990 in Vohwinkel.....</i>	160
7.1.2	<i>Raumwärme privater Haushalte: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für das Basisjahr 2010 und der Startjahr 1990 in Vohwinkel.....</i>	169
7.2	Annahmen zur Entwicklung allgemeiner Rahmenbedingungen .....	173
7.3	Referenz-Szenario .....	176
7.3.1	<i>Referenz-Szenario: Qualitatives Bild .....</i>	176
7.3.2	<i>Referenz-Szenario: Auswirkung auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen.....</i>	183
7.4	Moderates-Suffizienz (MS)-Szenario .....	192
7.4.1	<i>Moderates Suffizienz-Szenario: Qualitatives Bild.....</i>	193
7.4.2	<i>Moderates-Suffizienz-Szenario: Auswirkung auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen.....</i>	202
7.5	Transition-to-Sufficiency (TTS)-Szenario .....	210
7.5.1	<i>Transition-to-Sufficiency-Szenario: Qualitatives Bild .....</i>	211
7.5.2	<i>Transition-to-Sufficiency-Szenario: Auswirkung auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen.....</i>	220
7.6	Drei Sensitivitätsrechnungen zu ausgewählten Parametern .....	226
7.6.1	<i>Alltäglicher Personenverkehr: Elektromobilität.....</i>	226
7.6.2	<i>Raumwärme privater Haushalte: Sanierungsrate.....</i>	230
7.6.3	<i>Externer Parameter: Bevölkerungsentwicklung .....</i>	233

## **8 INTERPRETATION DER RESULTATE..... 236**

## **9 SCHLUSSBETRACHTUNG..... 251**

9.1	Reflexion des Forschungsverlaufs und der Methodenwahl.....	251
9.2	Praxisrelevante Ergebnisse und strategische Empfehlungen.....	253
9.3	Forschungsbedarf .....	258

## **LITERATUR: ..... 260**

## **ANHANG..... 288**

Anlage 1: Experteninterviews .....	288
------------------------------------	-----

Anlage 2: Akteursgespräche .....	289
Anlage 3: Akteursworkshop.....	290
Anlage 4: Merkmale der Delphi-Befragung in den Bereichen Raumwärme und Personenverkehr .....	291
Anlage 5: Die Stadt Wuppertal .....	294
Anlage 6: Der Sektor «Private Haushalte» in Wuppertal .....	298
Anlage 7: Der Sektor «Verkehr» in Wuppertal .....	301
Anlage 8: Datenbereinigung der Befragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Vohwinkeler .....	304
Anlage 9: Auswertung der Befragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Vohwinkeler .....	306
Anlage 10: Auswertung Wärmeetlas Wuppertaler Stadtwerke für die Daten aus Vohwinkel .....	310
Anlage 11: Datenbereinigung Wärmeetlas Wuppertaler Stadtwerke für die Daten aus Vohwinkel.....	313
Anlage 12: Annahmen zur Entwicklung zentraler Parameter im alltäglichen Personenverkehr in Vohwinkel bis zum Jahr 2050.....	320
Anlage 13: Annahmen zur Entwicklung zentraler Parameter im Raumwärmebereich privater Haushalte in Vohwinkel bis zum Jahr 2050 .....	323
Anlage 14: Transition-to-Sufficiency-Szenario: Quantifizierung der Maßnahmen(bündel) für den alltäglichen Personenverkehr.....	325
Anlage 15: Transition-to-Sufficiency-Szenario: Quantifizierung der Strategien im Bereich Raumwärme privater Haushalte ...	327
Anlage 16: Auswertung der Datenerhebung zu Maßnahmen der Energiesuffizienzförderung im alltäglichen Personenverkehr.....	328
Anlage 17: Auswertung der Datenerhebung zu Strategien zur Energiesuffizienzförderung Raumwärme privater Haushalte.....	333
Anlage 18: Personenverkehr: Kurzsteckbriefe der Maßnahmen .....	335
Anlage 19: Raumwärme: Kurzsteckbriefe der Strategien.....	342
Anlage 20: Indirekte Energiesuffizienz-Maßnahmen Raumwärme: Expertenbewertung .....	344
Anlage 21: Zusätzliche Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung im alltäglichen Personenverkehr.....	345
Anlage 22: Zusätzliche Strategien zur Energiesuffizienzförderung im Bereich Raumwärme .....	346

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>347</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>351</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>355</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>359</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>361</b>
<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>363</b>

Mit Rücksicht auf die Schreib- und Lesbarkeit dieser Arbeit ist auf eine geschlechtergerechte Sprache verzichtet und das generische Maskulin angewandt worden. Die gewählten Formulierungen schließen gleichermaßen weibliche und männliche Personen ein. Sie drücken keine Diskriminierung aus.

## Vorwort

Energiewende und Klimaschutz sind politisch gewollte und gesellschaftlich anerkannte Ziele, die sich gegenseitig stützen. Energieeinsparung erlaubt es, weniger der endlichen Energieressourcen Öl, Kohle und Gas zu verbrauchen. Dadurch kann der Ausstieg aus der Atomkraft beschleunigt werden. Außerdem werden die Energiekosten gedrosselt.

Und: Energieeinsparung dient auch dazu das Klima zu schützen, weil weniger Treibhausgasemissionen freigesetzt werden. Immerhin hat sich die gesamte Weltgemeinschaft auf den Weltklimaschutz verpflichtet: 195 Staaten der Welt haben sich auf der Klimakonferenz in Paris am 12. Dezember 2015 erstmals in einem völkerrechtlich verbindlichen Abkommen zum Klimaschutz geeinigt: Sie wollen darauf hin arbeiten, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur deutlich unterhalb von 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Level zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, den Temperaturanstieg auf 1,5 °C oberhalb des vorindustriellen Niveaus zu begrenzen. Dazu haben sich die Industrienationen das Ziel gesetzt, bis Mitte des 21. Jahrhunderts eine nahezu klimaneutrale Lebens- und Wirtschaftsweise zu etablieren. Das bedeutet eine Minderung der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zum Bezugsjahr 1990 – auch in Deutschland.

Diese generationenübergreifende Großaufgabe erfordert ein engagiertes Handeln aller Akteure auf allen politischen Ebenen. Darum wird auch in Städten und Gemeinden nach Möglichkeiten gesucht, wie durch Strategien vor Ort die Treibhausgasemissionen massiv und schnell gesenkt werden können. Neben der Nutzung erneuerbarer Energien und der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen rücken mehr und mehr Suffizienzmaßnahmen ins Interesse von Wissenschaft und Praxis.

Suffizienz, also das «Weniger» an Verbrauch, ist aber bisher erst ansatzweise wissenschaftlich erforscht und wird im praktischen Handeln sehr viel seltener verfolgt als die beiden bekannteren Strategien: die Effizienz, also das «Besser» und die Konsistenz, also das «Anders», im Sinne der Nutzung der von der Natur bereit gestellten erneuerbaren Energien, wie Sonne, Wind und Wasserkraft.

Marie-Christine Gröne befasst sich deshalb in ihrer Dissertation mit der Strategie «Energiesuffizienz» auf lokaler Ebene. Energiesuffizienz bezeichnet die Nachfragereduktion nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen. Exemplarisch untersucht wird diese strategische Handlungsmöglichkeit am Fall des Wuppertaler Stadtbezirks Vohwinkel. Es geht um die Klärung der Frage: Wer kann zur Umsetzung der Energiesuffizienz was tun? Und: wie viel CO<sub>2</sub>-Reduktion kann dadurch bis zum Jahr 2050 erreicht werden?

Die Dissertation wurde am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie im Rahmen des Promotionskollegs «Nachhaltigkeitsszenarien und zukunftsfähige Stadtentwicklung» erarbeitet. Das Promotionskolleg wurde im Jahr 2010 am Wuppertal Institut eingerichtet und arbeitet in einem transdisziplinären Ansatz eng mit der Bergischen Universität Wuppertal (Fakultät für Architektur und Bauingenieur-

wesen) und der Stadt Wuppertal zusammen. In den Promotionsprojekten werden am Fall der Stadt Wuppertal, szenariengestützt, zentrale Fragen einer zukunftsfähigen, klimaschonenden Stadtentwicklung erforscht, die sich richtungssicher und größenordnungssicher an der erforderlichen massiven Minderung der Kohlendioxidemissionen in den verschiedenen Verursacherbereichen orientiert.

Marie-Christine Gröne untersucht zwei Schlüsselbereiche, die für rund 40 Prozent der städtischen Energienachfrage und Treibhausgasemissionen verantwortlich sind: der alltägliche Personenverkehr und die Raumwärmenachfrage der privaten Haushalte. Beide Bereiche werden von der Gestalt der Stadtstruktur beeinflusst, aber gestalten diese auch langfristig mit. Auf der Suche nach raumstrukturellen und organisatorischen Gestaltungschancen zur Förderung der Energiesuffizienz wurden lokale Praxispartner und Partner aus der Wissenschaft einbezogen.

Eine Akteursanalyse zeigt das beachtliche Handlungspotenzial der lokalen Ebene auf. Nach einer detaillierten Untersuchung der Ausgangssituation in Vohwinkel werden drei Szenarien mit unterschiedlicher Umsetzungstiefe von Energiesuffizienzstrategien dargestellt: ein Referenz-Szenario ohne explizite Umsetzung von Energiesuffizienz, ein Moderates-Suffizienz Szenario mit konsensorientierten Elementen und ein weitergehendes Transition-to-Sufficiency Szenario, in dem alle zuvor entwickelten Strategien und Maßnahmen umgesetzt sind.

Dafür wird für jedes Szenario, vermittelt über einen Spaziergang durch den Stadtteil am 27. Mai 2050, ein sehr anschauliches Bild von Vohwinkel gezeichnet, das qualitativ die Veränderungen der Stadtteilstruktur sowie der Alltagswelt der Bürgerschaft beschreibt und erklärt; dazu wird mit Szenariorechnungen jeweils das Einsparpotenzial an Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen quantitativ abgeschätzt. In allen drei Szenarien werden auch Energieeffizienz-Maßnahmen und die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien berücksichtigt.

Die Dissertation von Marie-Christin Gröne entwickelt erstmals theoriegeleitet das Feld der Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung mit dem Sustainable-Transition-Konzept. Mit dem verwendeten Szenarioansatz, der qualitative und quantitative Szenarioelemente geschickt kombiniert, erzielt die Forschungsarbeit wertvolle wissenschaftliche und praxisrelevante Ergebnisse. Sie strukturiert das Konzept der Energiesuffizienz im Rahmen der Stadtentwicklung und zeigt eine machbare Möglichkeit zur Messbarmachung von Energiesuffizienz in den beiden untersuchten Bereichen Personenverkehr und Raumwärme auf. Die Arbeit liefert einen wichtigen Beitrag für die Suche nach Wegen zur Klimaneutralität durch Suffizienz über die bekannteren Effizienz- und Konsistenz-Strategien hinaus. Sie zeigt konkrete Handlungsmöglichkeiten auf und gibt strategische Empfehlungen für lokale Akteure, die Energiesuffizienz als eine Strategie einer zukunftsfähigen Stadtentwicklung etablieren möchten.

Das macht die Dissertation zu einer Lektüre mit hoher gesellschaftlicher, planerischer und wissenschaftlicher Relevanz für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung.

Wir wünschen dieser sehr gut gelungenen Forschungsarbeit eine weite Verbreitung in Wissenschaft und Praxis, um damit eine energiesparsame und klimaschonende Gestaltung von Stadtquartieren in ganz Deutschland voran zu bringen.

Prof. Dr.-Ing. Oscar Reutter  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie und  
Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen

Prof. Dr.-Ing. Felix Huber  
Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen

# 1 Einleitung

## 1.1 Relevanz der Themenstellung

Vor dem Hintergrund des sich verstärkenden Klimawandels und der Verknappung fossiler Energieträger gewinnt das Thema einer schnellen, aber langfristig nachhaltigen Senkung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen auf ein Minimum vermehrt an Bedeutung (vgl. WBGU 2014, 2016). Die Energienutzung ist für 85 % der Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich, wobei Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) 98 % der energiebedingten Emissionen ausmacht (vgl. UBA 2016a). Die städtische Ebene bietet als Bindeglied zwischen individuell handelnden Personen auf der Mikroebene und (inter-)nationalen Institutionen auf der Makroebene eine interessante Analyse- und Gestaltungskategorie des Energiesystems. Der Planungs- und Handlungsspielraum wird bei einer wachsenden Zahl von kommunalen Akteuren innerhalb der Triade Europa, Nordamerika und Japan von zwei Entwicklungstrends beeinflusst. Zum einen ist dies der demographische Wandel mit einer Abnahme der Bevölkerungszahl und einer Alterung in der Bevölkerungsstruktur. Zum anderen kommt es zu einem wirtschaftlichen Strukturwandel, der die Entwicklung der Städte mitbestimmt. Innerhalb der Triade und der einzelnen Länder sind nicht alle Städte von diesen Trends gleichermaßen betroffen. Während tendenziell in Japan der demographische Wandel bereits heute die Anforderungen an die Raumstruktur der Städte prägt, haben viele Städte im Manufacturing Belt der USA nicht erst seit der derzeitigen Wirtschaftskrise mit den Folgen des Strukturwandels wie beispielsweise dem Verlust an Arbeitsplätzen zu kämpfen (z.B. Detroit, Pittsburgh). Neben den weiterhin bestehenden Wachstumszentren werden mittel- und langfristig vermehrt auch europäische und deutsche Städte mit den Auswirkungen dieser beiden Schrumpfungstrends umgehen müssen.

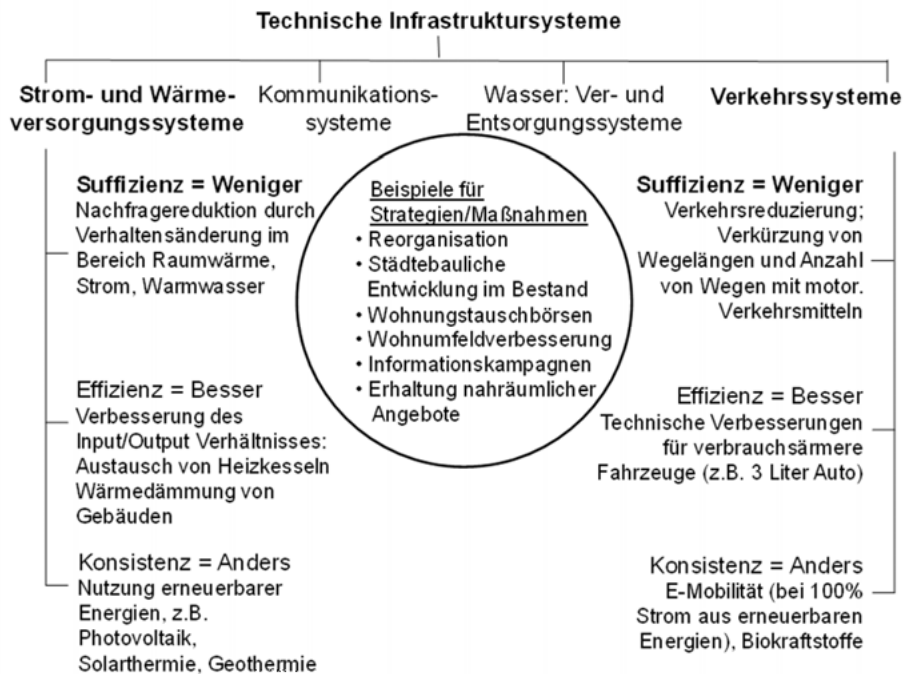
Ein wichtiger Ansatzpunkt der zukunftsfähigen Stadtentwicklung in den betroffenen Städten ist die Frage der Entwicklung der Infrastruktursysteme und deren räumlicher Gestaltung im Wandel. Besonders im Zusammenhang mit der Senkung des Energieverbrauchs spielt die technische Infrastruktur eine zentrale Rolle (vgl. Abbildung 1). SACHS (vgl. 2016) sieht mittelfristig die Dekarbonisierung der Energieversorgung als drängendste Herausforderung, die über den Weg einer *low-energy society* erreicht werden sollte. Die Lebens- und Wirtschaftsweise der Bevölkerung wird also mit wenig(er) Energiebedarf auskommen müssen. Daher steht die Betrachtung der Energienachfrage im Zentrum des Erkenntnisinteresses dieser Arbeit. Energie wird in verschiedenen Bereichen wie zum Beispiel der Industrie, im Verkehr und bei der Strom- und Wärmeversorgung privater Haushalte nachgefragt.

Im Dreiklang der Nachhaltigkeitsstrategien von Effizienz («Besser»), Konsistenz («Anders») und Suffizienz («Weniger») steht der Suffizienzansatz bislang nicht im Fokus der Forschung. Daher geht es in der vorliegenden Arbeit um die systematische Su-

che nach Suffizienz-Optionen im Bereich der nachhaltigen Stadtentwicklung. Aufgrund der Fokussierung auf die Energienachfrage wird im Folgenden von Energiesuffizienz gesprochen. Die Arbeit beschäftigt sich mit langfristigen, raumstrukturellen und organisatorischen Veränderungen in der Siedlungsstruktur und in den Lebensbedingungen der städtischen Bevölkerung, die durch Strategien und Maßnahmen aus dem Handlungsfeld Energiesuffizienz nachhaltig gestaltet werden.

Es wird eine Konzentration auf das Wechselspiel zweier Subsysteme vorgenommen, die Auswirkungen auf die Raumstruktur haben und gleichzeitig von ihr geprägt werden. Das ist zum einen der (alltägliche) Personenverkehr, zum anderen das System der (Raum)Wärmeversorgung privater Haushalte. Beide stellen Schwerpunkte der Energienachfrage dar und bieten interessante Ansatzpunkte für Energiesuffizienz-Maßnahmen auf städtischer Ebene.

**Abbildung 1: Technische Infrastruktursysteme im Kontext nachhaltiger Stadtentwicklung**



Quelle: eigene Darstellung

Als räumlicher Bezugsrahmen der Fallstudie wird mit Wuppertal eine der ersten industrialisierten Städte Deutschlands gewählt, wo der wirtschaftliche und demographische Wandel seit mehreren Jahren die Entwicklung prägen. Als Analysefokus wird der Wuppertaler Stadtbezirk (=Stadtteil) Vohwinkel ausgewählt, der sich aufgrund struktureller Voraussetzungen (diversifizierte Verkehrsinfrastruktur, fossil geprägtes Wärme-



versorgungssystem, unterschiedliche Quartierstypen, engagierte Bürgerschaft, zukünftig erwarteter Rückgang der Bevölkerungszahlen) als Untersuchungsraum eignet. Vohwinkel wird heute schon vor Herausforderungen gestellt, die in anderen Städten und Stadtteilen erst in der Zukunft stärker zum Tragen kommen könnten. Daher stellt Vohwinkel einen Vergleichsfall für Räume mit ähnlichen Eigenschaften dar.

Wird in Deutschland über die Energiewende diskutiert, stehen derzeit Maßnahmen und Erfolge im Stromsektor im Vordergrund. Die Bereiche Verkehr und Wärme hängen momentan hinter den Ausbauzielen für erneuerbare Energien und Energieeffizienzsteigerung zurück, wodurch die absoluten Minderungsziele in Gefahr sind (vgl. BMWI 2015a: 7 ff.; 34 ff.; Fishedick et al. 2015: 14). Daher ist in diesen Sektoren neben Anstrengungen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zum konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien die Evaluierung weiterer Optionen, wie z.B. der Förderung der Energiesuffizienz von Bedeutung.

Die Anpassung an den vom Menschen mit verursachten Klimawandel und dessen Minderung gelten als wichtiges Gebiet transdisziplinärer Forschung. Der langfristig ablaufende Wandel hin zur Nachhaltigkeit erfordert so tiefgreifende Veränderungen der bisherigen Wirtschafts- und Lebensweisen, dass bei der Suche nach Lösungswegen eine Allianz aus Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft notwendig ist.

Besonders bei lokalen Studien zu Energiesuffizienz ist die Einbeziehung möglichst aller relevanten Akteure vor Ort entscheidend. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Strategien zur Unterstützung von Energiesuffizienz mit dem Ziel der Lebensstilveränderung und Veränderung der Alltagsroutinen von einigen Adressaten mit Bevormundung und Verzichtsapellen verbunden werden, auch wenn diese bei Energiesuffizienz in der Regel vermieden werden. Die Offenheit und Unvoreingenommenheit gegenüber neuen und alternativen Lösungswegen könnte blockiert werden. Daher werden ausgewählte Fragen der Energiesuffizienz auf der Ebene der Stadtentwicklung in einem transdisziplinären Ansatz bearbeitet. Die integrative Bearbeitung des Forschungsthemas wird insbesondere durch drei Elemente gestützt:

1. Einbeziehung von politischen, wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Akteuren bei der räumlichen und thematischen Eingrenzung des Forschungsgegenstandes
2. Fortlaufende Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren bei der Analyse des Ist-Zustandes, der Erstellung von Langfriststrategien und Zukunftsbildern/Szenarien
3. Problemorientierte Arbeitsweise mit einem Infrastruktursysteme übergreifenden Ansatz

## 1.2 Ziele der Arbeit und Forschungsleitfragen

Die Notwendigkeit einer post-fossilen Energieversorgung ist sowohl in der Wissenschaft als auch in weiten Teilen der Gesellschaft anerkannt. Aufgrund hoher Unsicherheiten bezüglich der weiteren Entwicklung der Energieeffizienz und erneuerbarer Energien (z.B. gesellschaftliche Akzeptanz, politisches Kalkül) und auch möglicher

negativer Effekte (z.B. Nutzung seltener Erden, Flächenkonkurrenz Energie/Nahrung/Natur) sollten auch alternative Strategien analysiert und praxisrelevant aufgearbeitet werden. Daher ist es eines der Ziele dieser Arbeit, eine systematische Strukturierung des Handlungsfeldes Energiesuffizienz für das Teilgebiet Stadtentwicklung vorzunehmen bzw. das «Feld abzustecken». Dies geschieht anhand einer Falluntersuchung an einem schrumpfenden Stadtteil, da hier, ähnlich wie bei wachsenden Städten, Gestaltungs- bzw. Änderungspotenzial für die Infrastruktursysteme besteht. Nach Möglichkeit sollen die Ergebnisse Anhaltspunkte für andere Städte/Stadtteile mit ähnlichen Eigenschaften bieten, die ebenfalls Energiesuffizienz als Handlungsstrategie im Wärmeversorgungs- und Verkehrssystem integrieren möchten.

Aus theoretisch-konzeptioneller Sicht ist es Ziel der Arbeit, Energiesuffizienz als Strategie der *sustainable urban energy transition* in den Ansatz der Transition-Forschung einzuordnen und das Handlungsfeld anhand mehrerer sich ergänzender Konzepte der Transition-Forschung zu analysieren. Darüber hinaus wird geprüft, ob der Akteurzentrierte Institutionalismus eine sinnvolle Ergänzung im Bereich der Akteursbetrachtung darstellt, da der Transition-Ansatz hier Lücken aufweist.

Aus methodischer Sicht ist es ein Ziel der Arbeit, konsistente Langzeitszenarien zu entwickeln, die mit einer Kombination von qualitativen und quantitativen Daten arbeiten. Dazu wird die Methode der *transition scenarios* erstmals auf das Handlungsfeld Energiesuffizienz angewandt. Aufgrund der transdisziplinären Grundausrichtung der Arbeit ist es ein weiteres Ziel, verschiedene partizipative Methoden der Zukunftsbeurteilung (Explorative Gespräche mit Akteuren, Fokusgruppendifkussion, Gedankenexperiment, Delphi-Befragung) zu kombinieren und somit Ideen der Vorgehensweise für andere Projekte zu erarbeiten.

Bislang ist wenig erforscht, was die Förderung energiesuffizienten Verhaltens langfristig für die Menschen vor Ort bedeutet und wie diese Veränderung von den gesellschaftlichen Akteuren gestaltet werden kann. Die zentralen Forschungsfragen der Arbeit lauten daher:

**Wer** kann zur Umsetzung der Strategie der Energiesuffizienz auf Ebene der Stadt(teil)entwicklung unter Schrumpfungsbedingungen (für den (alltäglichen) Personenverkehr und die Raumwärmenachfrage privater Haushalte) **was** tun?

**Wie** könnte das Leben in einer von Energiesuffizienz geprägten Alltagswelt aussehen und **wie viel** CO<sub>2</sub>-Reduktion kann dadurch langfristig (bis 2050) erreicht werden?

Neben den Hauptfragen wird die Arbeit durch weitere, abgeleitete Fragestellungen strukturiert.

Aus theoretischer Sicht wird der Frage nachgegangen, wie Energiesuffizienz als eine der drei zentralen Nachhaltigkeitsstrategien im Zuge der Konzepte der *sustainable Transition*-Forschung zu beurteilen ist. Handelt es sich dabei um einen grundlegenden Wandel des Systems? Wie ist das Handlungsfeld Energiesuffizienz im Sinne des *tran-*

*sition enabling cycle* in den Phasen der «Problemanalyse» und der «Visionsentwicklung» zu bewerten? Zudem wird untersucht, welche Art von *transiton pathway* die Umsetzung des Handlungsfeldes Energiesuffizienz bedeuten würde. Bei der Untersuchung der Akteursebene, wo die Konzepte des *sustainable Transition*-Ansatzes analytische Lücken aufweisen, wird das theoretische Konzept durch Aspekte des Akteurzentrierten Institutionalismus ergänzt.

Aus Sicht der Falluntersuchung Vohwinkel stehen, wie bereits erwähnt, die Akteure und ihre Handlungsmöglichkeiten im Zentrum des Erkenntnisinteresses. Es wird untersucht, welche Akteure für die Energiesuffizienzförderung auf kommunaler Ebene als zentral einzustufen sind. Dabei wird auch der Frage nachgegangen, wie die Akteure in Vohwinkel Energiesuffizienz als Handlungsstrategie heute und für die Zukunft beurteilen und wie sie ihre eigene sowie die Position anderer Akteure im Handlungsfeld dabei einschätzen. Außerdem wird geprüft, welche Strategien/Maßnahmen in Vohwinkel aus Akteurssicht dazu geeignet sind, Energiesuffizienz langfristig zu fördern, und wie die Realisierbarkeit der Strategien/Maßnahmen eingeschätzt wird. Darüber hinaus werden qualitative (Leit)Bilder für den Stadtbezirk Vohwinkel entwickelt, die die Frage beantworten, wie aus Akteurssicht Energiesuffizienz fördernde (Stadt-)Strukturen aussehen können und in welchen Quartieren sie umgesetzt werden. Anschließend wird in den Langzeitszenarien eine expertenbasierte Abschätzung vorgenommen, wie groß die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale einer bestimmten Kombination von Maßnahmen bis zum Jahr 2050 sein können.

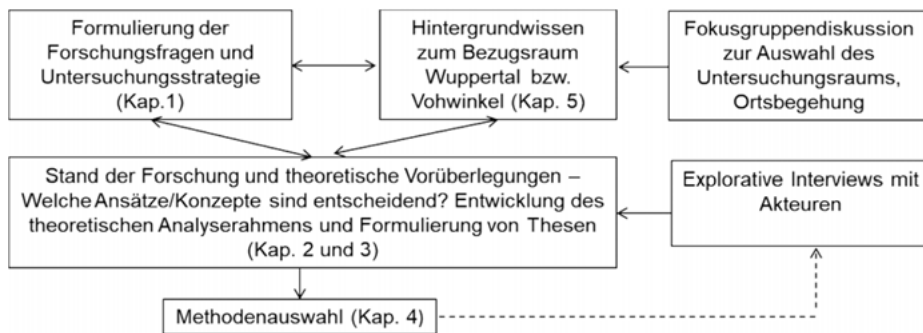
### 1.3 Forschungsablauf

Die Struktur des Forschungsprozesses, die gleichzeitig den Weg der Erkenntnisgewinnung der vorliegenden Arbeit darstellt, wird in Abbildung 2 und in Abbildung 3 verdeutlicht. Der Forschungsprozess lässt sich in zwei grobe Schritte unterteilen. Zunächst findet die theoretisch-konzeptionelle Erarbeitung statt. Anschließend folgt die empirische Phase.

Zu Beginn der Untersuchung sind die einzelnen Schritte nicht zeitlich voneinander zu trennen und beeinflussen sich zudem gegenseitig. Um die Forschungsfragen zu formulieren, ist bereits Fachwissen zum Forschungsstand und zur Identifizierung möglicher Forschungslücken wichtig. Gleichzeitig wird der Untersuchungsraum dahingehend ausgewählt, dass er als Falluntersuchung die Merkmale aufweist, die aus Sicht der aktuellen Forschungslage und den theoretischen Vorüberlegungen zur Beantwortung der Forschungsfragen von Bedeutung sind (städtischer Raum, Bevölkerungsrückgang, zukünftige Herausforderungen vieler Städte werden hier schon früh sichtbar). Außerdem ermöglicht das Zusammentragen von Hintergrundwissen zum Untersuchungsraum Wuppertal eine präzisere Formulierung des Gegenstandes der Arbeit (Was kann aufgrund der Merkmale des gewählten Forschungsraums nicht bearbeitet werden? Muss der Forschungsgegenstand noch einmal eingegrenzt werden?). So werden bereits zu diesem Zeitpunkt des Forschungsablaufs erste informelle Gespräche mit verschiedenen

Akteuren in Wuppertal wie der Klimaschutzbeauftragten und einem Mitarbeiter der Wuppertaler Stadtwerke (WSW) geführt, um zu eruieren, wie das Thema der Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung bislang wahrgenommen und definiert wird. Zudem wird mit Teilnehmern der Wuppertaler Stadtverwaltung und der WSW eine Fokusgruppendifkussion geführt, um den räumlichen Bezugsrahmen in Wuppertal auszuwählen. Bereits in dieser ersten Phase des Forschungsprozesses ist Praxiswissen im Sinne transdisziplinärer Forschung integriert. Dabei geht die vorliegende Untersuchung über die gemeinsame Wissensproduktion (*co-production* von Wissen) zwischen Forschung und Praxis hinaus, wie sie bei angewandten Forschungsdisziplinen (z.B. Angewandte Geographie) seit jeher vorausgesetzt wird. Es kommt vielmehr zudem zum *co-design* im Sinne der genauen Definition des Forschungsgegenstandes und der Konzeptentwicklung. Aufgrund des bislang noch nicht umfassend entwickelten Themenfeldes Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung bietet sich diese in der Fachdiskussion vermehrt geforderte transdisziplinäre Ausrichtung (vgl. z.B. WBGU 2011) des Forschungsprozesses an. Im Forschungsablauf folgen nun die Entwicklung der Untersuchungsstrategie und die Auswahl der empirischen Erhebungs- und Auswertungsmethoden (vgl. Abbildung 2).

**Abbildung 2: Theoretisch-konzeptionelle Schritte im Forschungsablauf**

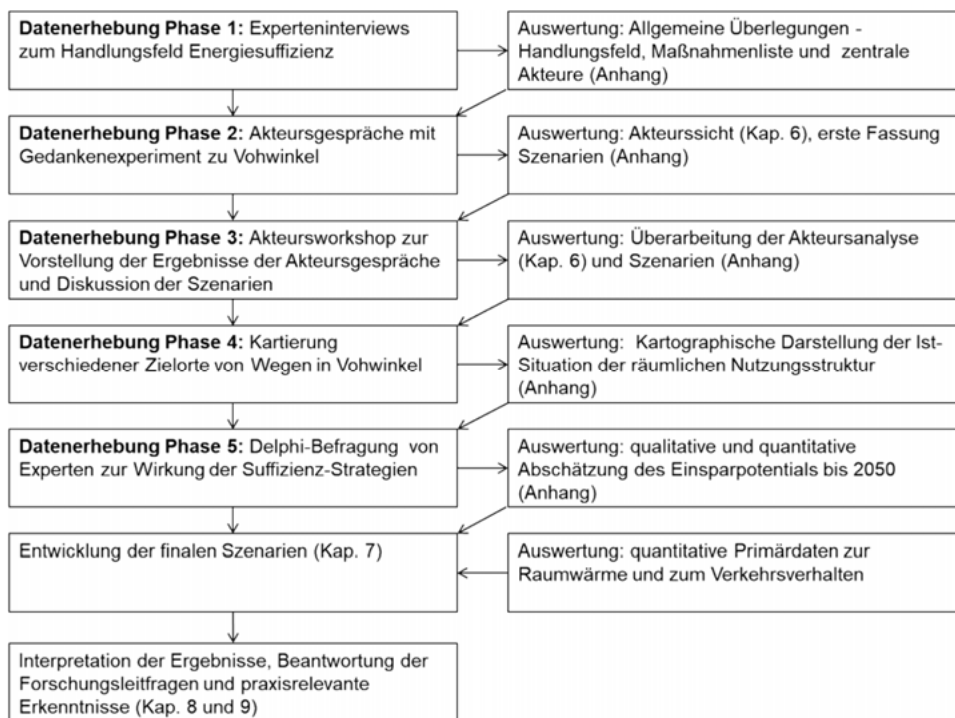


Quelle: eigene Darstellung

Die Schritte der empirischen Untersuchungsphase und Schlussphase laufen größtenteils zeitlich aufeinanderfolgend ab; Rückkopplungen aufgrund von neuen Erkenntnissen werden jedoch zugelassen (Abbildung 3). In der nächsten Phase, die die empirischen Erhebungen einleitet, werden Experteninterviews mit Wissenschaftlern aus den Bereichen der nachhaltigen Verkehrsplanung, Bauen und Wohnen, zukunftsfähigen Stadtplanung und Suffizienz durchgeführt, um die theoretischen Vorüberlegungen zu konkretisieren sowie erforderliches Hintergrundwissen für die Übertragung auf die Falluntersuchung und Akteursanalyse zu erlangen (Phase 1 der Datenerhebung). Es folgt nach jeder Datenerhebungsphase eine Auswertung der Daten und Einordnung der Ergebnisse in den Gesamtkontext. Vor der ersten Formulierung der Szenarien werden mit Hilfe von Gedankenexperimenten Zukunftsversionen für Vohwinkel 2050 von den

zuvor als zentral eingestuften Akteuren ermittelt. Zudem wird die heutige Situation des Stadtteils mit seinen Chancen und Risiken auf kleinteiliger Ebene (z.B. Identifizierung von Problemvierteln) diskutiert. Außerdem vervollständigen Fragen zur Selbsteinschätzung der Akteure die Datenerhebung für die weitere Akteursanalyse (Phase 2 der Datenerhebung). Alle Akteure, die in der zweiten Phase der Datenerhebung beteiligt waren, werden zu einem Akteursworkshop (Phase 3 der Datenerhebung) eingeladen, wo die erste Fassung der Szenarien vorgestellt und diskutiert wird. Daraus folgt eine Überarbeitung und Konkretisierung der Szenarien. In der Phase 4 der Datenerhebung wird sowohl vor Ort als auch über Internetrecherche eine Kartierung von ausgewählten Wegezielen (bspw. Einzelhandel, Schulen) vorgenommen. Sie dient der Analyse der Ist-Situation und bildet die Grundlage für die Karten in den qualitativen Szenarien. Anschließend folgt eine Expertenbefragung (Phase 5 der Datenerhebung) im zweistufigen Delphi-Verfahren zu den Langzeitwirkungen der zuvor ausgearbeiteten Ansatzhebel zur Förderung energiesuffizienten Verhaltens auf Stadtbezirksebene. Den Abschluss des Untersuchungskonzeptes bilden die Interpretation der Ergebnisse, die Beantwortung der Forschungsfragen und die Ausarbeitung praxisrelevanter Erkenntnisse.

**Abbildung 3: Empirische und finale Schritte im Forschungsablauf**



Quelle: eigene Darstellung

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Zur strukturierten Beantwortung der Forschungsfragen ist die Arbeit in neun Kapitel gegliedert, die sich mit unterschiedlichen Teilaspekten des Forschungsvorgangs beschäftigen.

Nach der thematischen Einführung und der Aufstellung der Forschungsfragen in diesem Kapitel folgt im zweiten Kapitel die Darlegung und Analyse des Forschungsstandes in Hauptthemenfeldern, die aus der Literaturanalyse sowie den Experteninterviews abgeleitet werden. Das Kapitel dient dazu, Hintergrundwissen über relevante Ansätze und Lösungsvorschläge zur erlangen und Forschungslücken aufzudecken. Außerdem werden zum Ende des Kapitels die gewonnenen Erkenntnisse für den weiteren Verlauf der Untersuchung zusammengefasst, die Untersuchungsgegenstände für die Falluntersuchung noch einmal eingegrenzt und eine Arbeitsdefinition für energiesuffizientes Verhalten entwickelt.

Das dritte Kapitel beinhaltet die Entwicklung des theoretischen Analysekonzeptes, das Gerüst zur theoriegeleiteten Beantwortung der Forschungsfragen. Dabei werden einzelne Konzepte (*transition enabling cycle*, Multi-Level-Perspektive, *transition-pathways*) aus dem Transition-Ansatz ausgewählt und im Bereich der Akteursanalyse, wo die ausgewählten Konzepte Ergänzungsbedarf haben, um Aspekte des Akteur-zentrierten Institutionalismus ergänzt. Außerdem werden theoriegeleitete Überlegungen zur Strukturierung der Strategien und Maßnahmen herausgearbeitet. Am Schluss des Kapitels werden drei Thesen formuliert, die die empirische Analyse leiten.

Im vierten Kapitel erfolgt mit der Darstellung der methodischen Grundlagen die Offenlegung des Prozesses der Erhebung, Aufbereitung und Auswertung der Daten. Um den Erkenntnisweg nachvollziehbar zu machen, werden die angewandten Methoden erläutert und ihre Auswahl begründet.

Das fünfte Kapitel umfasst die Vorstellung des Untersuchungsraums Wuppertal-Vohwinkel und erläutert, warum dieser räumliche Bezug gewählt wurde.

Im sechsten Kapitel wird das Handlungsfeld Energiesuffizienz in Vohwinkel aus heutiger Sicht analysiert. Dabei wird erstens ein Schwerpunkt auf die Akteure, Akteurskonstellationen und Interaktionsformen gelegt. Ein zweiter Fokus richtet sich auf Hemmnisse und Chancen der Umsetzung von Energiesuffizienz vor Ort. Drittens wird die Ist-Situation zentraler Wegeziele im Alltag kartographisch dargestellt. Anschließend werden Strategien und Maßnahmen zur Förderung und Umsetzung von energiesuffizientem Verhalten analysiert.

Der Blick in die Zukunft erfolgt durch die Erstellung von quantitativen und qualitativen Langzeitszenarien für Vohwinkel im siebten Kapitel. Das qualitative Bild umfasst die betrachteten Infrastruktursysteme Wärme und Verkehr gemeinsam. Für die quantitativen Szenarien werden jeweils getrennte Langzeitszenarien erstellt. Neben den drei Hauptszenarien («Referenz», «Moderate Suffizienz» und «Transition to Sufficiency») vervollständigen mehrere Sensitivitätsanalysen die quantitativen Szenarien, um der hohen Unsicherheit der Entwicklung zentraler Parameter gerecht zu werden.

Das achte Kapitel umfasst die Interpretation der Resultate. Dabei wird erstens ein Schwerpunkt auf die theoretisch-konzeptionellen Schlüsse gelegt, zweitens werden die Forschungsleitfragen beantwortet, drittens werden die Thesen aus dem dritten Kapitel vor dem Hintergrund der empirischen Erkenntnisse diskutiert.

Abschließend werden im neunten Kapitel praxisrelevante Erkenntnisse und Folgerungen für Vohwinkel und die zukunftsfähige Stadtentwicklung angesprochen und Erfahrungen aus dem Forschungsverlauf reflektiert. Darüber hinaus wird ein Ausblick auf mögliche, künftig zu untersuchende Fragestellungen gegeben.

## 2 Forschungslage in Hauptthemenfeldern

Um die Forschungsfragen zu beantworten, ist es als Grundlage für die empirischen Untersuchungen von Bedeutung, den bisherigen Stand der Forschung zu den Hauptthemenfeldern aufzuarbeiten und die Forschungslücken zu identifizieren.

Da die untersuchten Fragestellungen verschiedene Aspekte der zukünftigen Entwicklung der menschlichen und natürlichen Lebensgrundlagen mit einbeziehen, werden in der vorliegenden Arbeit Konzepte aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen beleuchtet und auf ihren Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfragen untersucht. Der interdisziplinäre Ansatz der Arbeit ermöglicht eine umfassende Analyse des Forschungsgegenstandes unter Berücksichtigung verschiedener Blickwinkel. Neben stadtplanerischen Aspekten, die hauptsächlich in den Ingenieurwissenschaften (Raumplanung und Bauingenieurwesen) sowie der Geographie verortet werden, trägt durch die Suffizienzdiskussion auch ein Ansatz, der den Sozialwissenschaften nahe steht, zum Analysekonzept bei. Das Konzept der Klimaneutralität ist eher den Naturwissenschaften zugeordnet. Eine strikte Zuordnung und Eingrenzung der Themenschwerpunkte für eine Wissenschaftsdisziplin ist weder möglich noch nötig, da es auf eine integrative Untersuchung der Forschungsfragen ankommt.

Ziel des folgenden Kapitels ist die Analyse und Aufbereitung des Forschungsstandes zentraler Themenfelder der Arbeit. Dabei ist insbesondere die Verwendung des (Energie)Suffizienz-Konzeptes aus Kapitel 2.1 im jeweiligen Themenfeld von Interesse. Aufgrund der teilweise geringen Abdeckung des Energiesuffizienzthemas in der Fachliteratur wurde durch 15 Expertengespräche, die die Themenfelder Stadtentwicklung (Kapitel 2.2), Klimaneutralität (Kapitel 2.3), Mobilität und Verkehr (Kapitel 2.4) sowie Bauen und Wohnen (Kapitel 2.5) betreffen, die Literaturanalyse ergänzt. In Kapitel 2.6 werden die zentralen Ergebnisse zur Forschungslage für den weiteren Verlauf der Untersuchung zusammengefasst.

### 2.1 Grundlagen zu Suffizienz und suffizientem Verhalten

Bislang ist das Thema Suffizienz ein sehr amorphes Forschungsfeld ohne eine allgemein angewandte Definition des Suffizienzbegriffes und ohne eine einheitliche Theoriebildung. Vielmehr werden in der Literatur immer wieder verschiedene Kategorien und Forschungsstränge unter den Oberbegriffen Suffizienz und suffizientes Verhalten aufgegriffen, die im Laufe der Zeit eine Reihe von roten Fäden erkennen lassen. Da zudem im Zentrum der Arbeit die Energienachfrage in zwei verschiedenen Systemen der Stadt steht, wird eine Eingrenzung auf den Begriff «Energiesuffizienz» vorgenommen. Somit ist es nötig, eine eigene Definition von energiesuffizientem Verhalten, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit angewandt wird, zu entwickeln. Energiesuffizientes Verhalten wird definiert als:



Verringerung der durchschnittlichen Nachfrage pro Kopf nach Energie(dienst-)leistungen aufgrund von Änderungen der Bedarfsbefriedigung in der Kauf-, Anmietungs- und Investitionsphase sowie der Nutzungsphase von Gütern und Dienstleistungen (in den Bereichen «Raumwärme privater Haushalte» und «alltäglicher Personenverkehr»).

Unter Energiesuffizienz ist die allgemeine Handlungsstrategie zu verstehen, während energiesuffizientes Verhalten sich ganz konkret in den Handlungen der Bevölkerung ausdrückt.

Im Folgenden wird der Stand der Forschung zur Suffizienz-Strategie dargestellt und analysiert, um die eigene Definition aus den theoretischen Vorüberlegungen abzuleiten und ein Konzept zur Messung von energiesuffizientem Verhalten zu entwickeln.

### 2.1.1 Dimensionen des Suffizienz-Begriffs

Seit der Einführung des Konzeptes der nachhaltigen Entwicklung (vgl. World Commission on Environment and Development 1987) wird nach Transformationsstrategien zu dessen praktischer Realisierung gesucht. Drei wesentliche Umsetzungsstrategien wurden dazu definiert: Effizienz und Konsistenz und Suffizienz.<sup>1</sup>

Der Begriff **Effizienz** bezieht sich auf die Verbesserung der Wirksamkeit bzw. Wirtschaftlichkeit. Auf die nachhaltige Entwicklung bezogen, bedeutet dies, dass ein geringerer Einsatz von Stoffen und Energie pro Ware oder Dienstleistung aufgewendet wird. Dies geschieht besonders aufgrund technischer Verbesserungen (vgl. Linz 2004: 6, J. Huber 1994: 14).

Bei dem Begriff **Konsistenz** handelt es sich um die Entwicklung und Verbreitung von grundlegenden Technik- und Produktinnovationen, die die ökologische Qualität der Stoffumsätze verändern. Konsistenz heißt im übertragenen Sinn Vereinbarkeit, (Natur)Verträglichkeit, Übereinstimmung (vgl. Mauch/North/Pulli 2001: 134 f, J. Huber 1998: 72).

In die Nachhaltigkeitsdebatte wurde der Begriff **Suffizienz** zu Beginn der 1990er-Jahre von SACHS in Anlehnung an DALY eingeführt (vgl. Sachs 1993, von Winterfeld/Jungkeit 2005). Obwohl vielfach der Versuch unternommen wurde, gibt es in der Fachliteratur keine Definition von Suffizienz, die sich allgemein durchgesetzt hat. Die gegenwärtig diskutierten Deutungen und Perspektiven der Suffizienz zeigen, wie vielschichtig die Strategie in der wissenschaftlichen Diskussion ausgelegt wird.

Bei der «pragmatischen Perspektive» von Suffizienz stellt LINZ (vgl. 2004: 11 f.) besonders den Aspekt des ressourcensparenden Verhaltens in verschiedenen Lebens- und Wirtschaftsbereichen, was einen Nutzen für die Akteure bringen muss, in den Vordergrund. Worin dieser Nutzen besteht, wird zunächst nicht näher bestimmt.

---

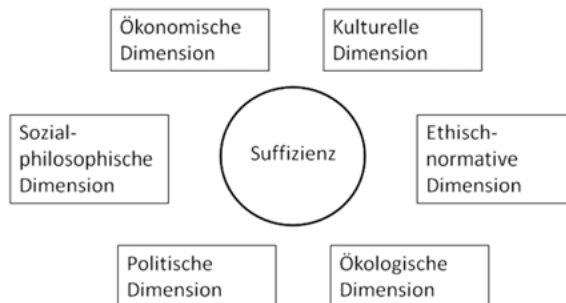
<sup>1</sup> Zur näheren Definition der Begriffe und Diskussion des Verhältnisses der drei Nachhaltigkeitsstrategien untereinander siehe die Vorveröffentlichung von Gröne (2016).

Eine enge Definition von Suffizienz (i.e.S.) zielt hauptsächlich auf den Minderverbrauch von Gütern und Ressourcen ab. Bei ihr steht der quantitative Aspekt des «Weniger» im Vordergrund, wobei Beweggründe und Rahmenbedingungen der Verhaltensänderung zunächst weniger von Interesse sind (vgl. Linz 2002: 13). Bei Langzeitszenarien, die unter anderem den Beitrag von Energiesuffizienz zum quantitativ definierten Ziel der Klimaneutralität (-80 % bis -95 % CO<sub>2</sub>-Reduzierung zwischen 1990 und 2050) untersuchen, ist diese enge Sichtweise von Bedeutung. Ohne eine quantitative Zieldefinition besteht bei der engen Definition von Suffizienz die Gefahr, dass das Verhalten nicht auf ein nachhaltiges Niveau verringert wird (z.B. vier Flugreisen pro Person und Jahr anstelle von fünf Flugreisen).

Zu Beginn der Debatte um Suffizienz fand eine Konzentration bzw. Begrenzung auf Bereiche des persönlichen Lebens statt. Somit richtet ein Zugang den Fokus auf die Konsumminderung der Bevölkerung (Suffizienz i.e.S.) (vgl. J. Huber 2000: 2). Die alleinige Aufmerksamkeit auf die Konsumenten ist bei den meisten Suffizienz-Ansätzen heute aufgehoben und wird durch die Einbeziehung weiterer Akteure und Untersuchungsbereiche wie den Produzenten, der Wirtschaft (vgl. Palzkill-Vorbeck et al. 2015, Sachs 2015, Paech 2013) oder der Politik (vgl. Linz 2015, Schneidewind/Zahrnt 2013) ergänzt. So wird Suffizienz als gesellschaftliche Gemeinschaftsaufgabe gesehen, die erst entfaltet werden kann, wenn sich eine breite Akteurskonstellation zusammengeslossen hat, um suffizientes Handeln auf verschiedenen Ebenen zu ermöglichen und Suffizienz begünstigende Rahmenbedingungen zu unterstützen (Suffizienz i.w.S.) (vgl. Schneidewind/Zahrnt 2013, von Winterfeld 2007: 47 f.; Linz 2004: 11 f.). Im Folgenden werden sechs verschiedene Dimensionen von Suffizienz vorgestellt, die durch die Literaturanalyse herausgearbeitet wurden.

Abbildung 4 fasst die Dimensionen zusammen. Es wird deutlich, dass je nach Disziplin, Fragestellung und Forschungsinteresse andere Aspekte des Suffizienzkonzeptes betont werden. Zusammen ergeben die Mosaiksteinchen ein umfassendes Bild, was in der Literatur unter Suffizienz verstanden wird.

**Abbildung 4: Dimensionen des Suffizienz-Begriffs**



Quelle: eigene Darstellung

Die **kulturelle Dimension** der Suffizienz richtet das Augenmerk auf Veränderungen im Lebensstil, die durch einen kulturellen Wertewandel in Richtung «Weniger» bedingt sind. Beispiele hierfür sind der Stellenwert von Fernreisen oder die Bedeutung des Autos als Statussymbol. Die Änderung der Wertvorstellungen im Sinne der Suffizienz lassen sich nicht direkt steuern, wohl aber begünstigen und fördern. Was möglich ist, sind Ideen und Visionen, die auf die Kernfrage antworten: Wie wollen wir in Zukunft leben? (vgl. Linz 2002: 13, 2004: 32). Ein kultureller Wertewandel entwickelt sich über mehrere Jahrzehnte hinweg (vgl. Stengel 2011a: 286). Daher richtet die Suffizienz-Perspektive den Blick nicht nur auf kurzfristige Momentaufnahmen, sondern auch auf langfristige Entwicklungen und Leitgedanken des zukünftigen Lebens, was für die Szenarienentwicklung in der vorliegenden Arbeit von Bedeutung ist.

Zwei Autoren, die besonders die **ethisch-normative Dimension** in den Fokus ihres Suffizienzverständnisses stellen, sind PRINCEN und MUELLER. Sie sind der Meinung, dass sowohl auf individueller Ebene als auch auf gesellschaftlicher Ebene Grenzen des Konsums definiert werden müssen. PRINCEN (2003: 43) macht deutlich: «...there can be enough and there can be too much.» Die Anerkennung, Definition und Durchsetzung von Grenzen des ressourcenintensiven Handelns zählen zu den schwierigsten und umstrittensten Aspekten der Suffizienz. Selbst wenn in der Fachliteratur ein grundsätzlicher Konsens darin besteht, dass es gewisse Grenzen geben kann, ist die Festlegung höchst umstritten. Als Referenzpunkte gelten vor allem der Zusammenhalt der Gesellschaft und die langfristige Erhaltung einer intakten Umwelt, wozu auch die Eindämmung des Klimawandels gehört. MUELLER (vgl. 2009: 83, 88) vertritt die Ansicht, dass suffizientes Verhalten über individuelle Präferenzen hinausgeht. Er sieht Suffizienz als Pflichtaufgabe aller liberalen Gesellschaften, um die soziale Gerechtigkeit zu wahren und anderen Menschen nicht zu schaden.

Bei der **sozialphilosophischen Sicht** der Suffizienz werden Gedanken des Maßhaltens mit Fragen der Gerechtigkeit zwischen den Generationen und Regionen verbunden. Im Vordergrund steht der Beitrag suffizienten Verhaltens zu Stabilität und dem sozialen Zusammenhalt der Gesellschaft (vgl. Bartelmus 2002: 42 f., Scherhorn 2002: 15).

VON WINTERFELD (vgl. 2002: 31) unterstreicht in ihren Forschungsarbeiten die **politische Dimension** der Suffizienz. Sie sieht Suffizienz als Schutzrecht, das von der Politik durchgesetzt und ermöglicht werden muss. Das Recht besteht darin, nicht immer mehr haben wollen zu müssen, wie es die derzeitig meist vorherrschende Wirtschafts- und Wertauffassung suggeriert. Suffizienz wird zu einer Angelegenheit des politischen Handelns, da sie die Ermöglichung alternativer Formen des Lebens, Wirtschaftens und der sozialen Sicherung zu einer Aufgabe der staatlichen Instanz erklärt (vgl. Linz 2004: 13).

Die **ökologische Dimension** von Suffizienz besteht darin, durch eine absolute Nachfragereduktion und Verbrauchsminderung von Gütern und Dienstleistungen bzw. Ressourcen das Naturkapital zu sichern und damit die ökologische Nachhaltigkeit zu

unterstützen. Durch technische Effizienzmaßnahmen wird hingegen eine relative Mengenreduktion aufgrund des verbesserten Input-Output Verhältnisses erzielt. Allerdings bedeutet die Mengenänderung bei der Effizienz nicht unbedingt eine absolute Mengenreduktion bspw. an Schadstoffen oder Emissionen, wie sie zur Erreichung der Klimaneutralität nötig ist. Grund dafür ist der »Rebound Effekt«. Er entsteht, wenn als Folge der Effizienzgewinne die Nachfrage nach diesem Gut steigt (direkter Rebound-Effekt) oder nun Mittel zur Verfügung stehen, die für zusätzlichen Konsum ausgegeben werden (indirekter Rebound-Effekt) (vgl. BUND et al. 2008: 105, Sachs 2002: 52). Suffizienz trägt auch dazu bei, den Rebound-Effekt, der als Nachteil der Effizienzstrategie gesehen wird, durch Nachfrage- und Produktionsverringerung aufzufangen.

Eine **ökonomische Perspektive** erhält Suffizienz, wenn erreicht wird, dass sich Wirtschaftsakteure nicht nur an kurzfristigen Gewinnen orientieren, sondern langfristigen Nutzen durch eine ressourcenleichte Wirtschaft erzielen, die die Wachstumsökonomie in Frage stellen (vgl. Sachs 2015: 6). Darüber hinaus wird suffizientes Verhalten als Möglichkeit gesehen, die «Restexternalitäten», die beim Einsatz von Marktinstrumenten wie Ökosteuer bestehen bleiben, abzubauen. Diese Instrumente dienen dazu, Kosten des Naturverbrauchs (bspw. Verlust an Umweltqualität), die sich aufgrund des Marktversagens nicht in Preisen widerspiegeln, zu internalisieren d.h. in die Budgetplanung von Unternehmen mit einzubringen. Trotz der Internalisierung bleibt immer eine gewisse Umweltbelastung bestehen, die nun wiederum durch Verhaltensänderung reduziert wird (vgl. Sachs 2002: 54, Bartelmus 2002: 42).

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die verschiedenen Zugänge zur Suffizienz durch eine Vielzahl von Faktoren und Annahmen die Strategie als einen Such- und Lernprozess erscheinen lassen. Es wird deutlich, dass Suffizienz durch individuelle Einsicht, praktisches Nutzenkalkül oder veränderte Gewohnheiten und einen kulturellen Wertewandel der Gesellschaft entsteht. In allen Dimensionen wird suffizientes Leben und Wirtschaften nicht als Verlust, sondern als Gewinn bewertet.

### *2.1.2 Schwierigkeiten und Nachteile von Suffizienz*

Nun stellt sich aber die Frage, welche Schwierigkeiten und Nachteile mit dem Konzept der Suffizienz verbunden werden, sodass es in der Forschung zu Zukunftsfähigkeit der Gesellschaft bislang eine untergeordnete Rolle spielt. Zudem ist von Interesse, welche Barrieren die Umsetzung der Suffizienz-Strategie erschweren, damit im Verlauf der Arbeit Lösungsansätze entwickelt werden, die suffizientes Verhalten ermöglichen.

Kritiker, wie beispielsweise J. HUBER, werfen der Suffizienz-Strategie vor, sie sei unnötig, da selbst durch das «Weniger» bei den herkömmlichen Mitteln und Wegen eine ökologische Katastrophe folgen würde. Für eine langfristig nachhaltige Entwicklung seien vor allem Konsistenz-Strategien und Effizienzmaßnahmen von Bedeutung. Obwohl viele Autoren betonen, dass nur durch eine Kombination der drei Nachhaltigkeitsstrategien die ehrgeizigen Klimaschutzziele erreicht werden können, wird der Vorwurf eines entbehrungsreichen Lebensstils oft gegen die Suffizienz-Strategie vor-

gebracht (vgl. J. Huber 2000: 12, Mundaca 2010: 14). Darüber hinaus wird bemängelt, dass die Suffizienz-Strategie nur einen sehr geringen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit der gesellschaftlichen und ökologischen Gegebenheiten leiste. So habe suffizientes Verhalten ein geringes Einsparpotenzial für Ressourcen und sei vor dem Hintergrund des weltweiten Bevölkerungswachstums absolut unzureichend (vgl. J. Huber 2000: 2). Inwieweit die Vermutung der quantitativen Bedeutungslosigkeit zutrifft, wird in der vorliegenden Arbeit am Beispiel der Raumwärme und des Personenverkehrs untersucht.

Als weitere Schwierigkeit von Suffizienz wird die **geringe Resonanz zu diesem Thema in der Gesellschaft** genannt. Begründet wird dies damit, dass Suffizienz die Gewohnheiten der Menschen in Zweifel zieht und den Handlungsmaximen «höher, schneller, weiter» vieler Akteure widerspricht. STENGEL (vgl. 2011a: 182) macht deutlich, dass derzeit von einigen Individuen eine Verhaltensänderung zum Minderverbrauch als Verlust in vielerlei Hinsicht empfunden wird, bspw. Geld-, Zeit-, Komfort-, Genuss-, Status- oder Gewohnheitsverlust. Derzeit interpretiert (noch) eine Mehrheit der Gesellschaft ressourcenintensive Lebensstile als gelungenes Leben. Dabei ist das materialistische Welt- und Selbstbildnis kulturell geprägt und wird vom Großteil der Bevölkerung nur langsam abgelegt, da es als Orientierungsmuster für das Individuum dient und eine gewisse Anerkennungsfunktion in der Gesellschaft mit sich bringt (vgl. ebd.: 194 f.). PFAHL (vgl. 2002: 120) geht davon aus, dass sich die Mehrheit der Menschen nur dann suffizient verhält, wenn ihr Engagement innerhalb der bestehenden gesellschaftlichen Rahmenbedingungen eine entsprechende Wirkung zeigt und anerkannt ist. Dieser Punkt wird auch in den Expertengesprächen vielfach genannt (vgl. z.B. IP 2,3,6,11,15). Dem Problem der geringen gesellschaftlichen Resonanz ist entgegenzuhalten, dass ein Trend dahingehend zu erkennen ist, dass bei der Suche nach einem gelingenden Leben nicht mehr nur materieller Wohlstand, sondern zunehmend auch Zeitwohlstand, Raumwohlstand und höhere Lebensqualität durch Genügsamkeit und eine intakte Umwelt eine Rolle spielen (vgl. Sachs 2015, Schneidewind/Zahrnt 2013).

Darüber hinaus wird als Problem der Suffizienz-Strategie angesehen, dass sie das Wirtschaftswachstum und den Wohlstand der Gesellschaft durch die Postulierung des absoluten Verbrauchsrückgangs und Einsparens gefährde. Dabei wird dem fortwährenden Wirtschaftswachstum die Fähigkeit zugesprochen, die soziale Sicherheit zu festigen und Verteilungskonflikte zu mildern. Als ein Gegenargument wird aufgeführt, dass eine Minderung der Nachfrage sich nicht auf einen Schlag vollziehe und daher die Entwicklung und Verbreitung von Effizienz- und Konsistenztechniken sowie -dienstleistungen weiterhin Arbeitsplätze und moderate Wachstumsraten in Aussicht stelle (vgl. Stengel 2011a 164 ff., Linz 2006: 9 ff.). Mit dem Kritikpunkt der **Gefährdung des Wirtschaftswachstums** erhält die Suffizienz aber auch Anknüpfungspunkte zu den komplexen und kontrovers diskutierten Themen der Postwachstumsökonomie und den Grenzen des Wachstums, die bereits seit den 1970er-Jahren im Interesse der Fachwelt stehen. Ohne eine vollständige Diskussion an dieser Stelle wiederzugeben, sei erwähnt, dass sich die derzeitige Wachstumsökonomie auf Kollisionskurs mit der

Ökologie befindet, bei der die Ideologie des Wirtschaftswachstums zunehmend unter Legitimationszwang gerät. Bei alternativen Definitionen von Wohlstand und gutem Leben wird dem Wachstum an Konsumgütern und Einkommen eine geringere Rolle beigemessen (vgl. Enquete-Kommission 2013). Außerdem werden die bislang externen Kosten des Wirtschaftswachstums für Umweltzerstörung und regionale Ungleichgewichte in die Kalkulationen mit einbezogen, was die bisherigen Wachstumsraten relativiert. Anstelle des Strebens nach quantitativem Wachstum treten qualitative Wachstumsaspekte und langfristige Geschäftsinteressen (vgl. Sachs 2015: 6, Hennicke 2002: 58, Bartelmus 2002: 47).

Ein weiterer Nachteil bei der Umsetzung der Suffizienz sieht J. HUBER (vgl. 1994: 17) darin, dass ein Großteil des Nutzens (bspw. Eindämmung des Klimawandels) sich auf **zukünftige Bedürfnisse** bezieht, die vielen Menschen noch sehr weit weg erscheinen und der Prävention dienen. Durch die Entwicklung und Verbreitung anschaulicher Szenarien zu Wirkungen von energiesuffizientem Verhalten kann die Bevölkerung für die Einbeziehung künftiger Bedürfnisse in ihr tägliches Handeln sensibilisiert werden.

In der Fachliteratur wird Suffizienz vielfach als Strategie beschrieben, um den **«Rebound-Effekt»** (steigende Nachfrage aufgrund sinkender Kosten) bei der Effizienz-Strategie abzuschwächen (vgl. bspw. Mueller 2009: 84). ALCOTT (vgl. 2008: 775) weist aber in seinen Studien darauf hin, dass auch bei Suffizienz ein Rebound-Effekt entstehe. Seine Untersuchungen beziehen sich auf die globale Ebene. Hier stellt er fest, dass aufgrund des Konsumrückgangs energieintensiver Produkte in OECD-Staaten die Preise für diese Produkte zurückgehen. Daraufhin entsteht eine neue Käuferschicht in anderen Teilen der Welt, die sich diese Produkte nun leisten kann. Letztendlich werden der Konsum und die dadurch entstehenden negativen Auswirkungen für die Umwelt und das Klima weltweit nicht verringert. Auf städtischer oder regionaler Ebene wird eine Preissenkung aufgrund des Nachfragerückgangs, wenn überhaupt, eher gering ausfallen. Allerdings ist auf individueller Ebene der psychologische Rebound-Effekt von PAECH anzusprechen, auch wenn dieser ihn im Zusammenhang mit der Effizienzstrategie erläutert hat. PAECH (vgl. 2005: 59) gibt zu bedenken, dass technische Nachhaltigkeitsinnovationen negative Rückkopplungen zur Ebene des Konsumverhaltens verursachen. BUHL (vgl. 2016: 228 ff.) untersucht Suffizienz-Rebound-Effekte für die Bereiche Mobilität, Wohnen und Ernährung und bestätigt, dass der Nachfragerückgang in einem Bereich zu einem Mehrverbrauch in einem anderen Bereich führen kann. Den stärksten Suffizienz-Rebound-Effekt weist er für den Bereich Mobilität nach.

Als letzte Barriere zur Umsetzung von Suffizienz ist der **Patchwork-Charakter** dieser Strategie zu nennen. Darunter ist zu verstehen, dass gerade bei der Umsetzung suffizienten Verhaltens oft ein Widerspruch zwischen Einsicht und dem tatsächlichen Handeln besteht. Vielfach ist Umweltwissen und der Wunsch nach umweltgerechtem Verhalten vorhanden, wird aber in der Realität nicht umgesetzt. Dies liegt zum Teil auch daran, dass das tägliche Leben sehr stark von Konsumgütern und den strukturellen

Gegebenheiten abhängig ist. Beispielsweise liegen Arbeiten, Wohnen und Freizeit räumlich auseinander und die Haushalte sind in ein Geflecht von Versorgungs- und Entsorgungsgeboten eingebunden. Durch individuelle Verhaltensänderung und Entschlüsse lässt sich diese Abhängigkeit nicht immer sofort auflösen (vgl. Stengel 2011a: 182, Linz 2004: 30, Linz 2002: 8). Gerade das Problem der Abhängigkeit suffizienten Verhaltens von Komponenten der Stadtstruktur steht im Fokus der vorliegenden Arbeit. Dabei ist es ein Ziel, Strukturen zu entwickeln, die suffizientes Verhalten langfristig nicht mehr behindern, sondern ermöglichen. Tabelle 1 fasst die Kritik aus der Literaturauswertung zusammen.

**Tabelle 1: Zusammenfassung der Kritik an der Suffizienz-Strategie**

Kritikpunkte an der Suffizienz-Strategie
Suffizienz sei unnötig
Suffizienz bedeute, einen entbehrungsreichen Lebensstil zu führen
Suffizienz leiste einen geringen quantitativen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit
Suffizienz stoße auf geringe Resonanz in der Gesellschaft
Suffizienz habe mit Umsetzungsproblemen in der Politik und Gesellschaft zu kämpfen
Suffizienz gefährde das Wirtschaftswachstum
Langfristiger Nutzen, dem Suffizienz diene, werde nicht von allen gleich hoch bewertet
Rebound-Effekte entstünden auch bei Suffizienz
Patchwork-Charakter der Suffizienz verhindere die Durchsetzung im privaten Bereich

Quelle: eigene Darstellung

Einige dieser Bedenken gegen Suffizienz bedürften einer eingehenden Untersuchung (z.B. Suffizienz gefährde das Wirtschaftswachstum), andere wiederum wurden in weiterführenden Studien abgeschwächt oder entkräftet (z.B. geringe Resonanz für das Thema Suffizienz in der Gesellschaft, Suffizienz sei unnötig). Viele Argumente werden in der Falluntersuchung Vohwinkel adressiert und näher beleuchtet.

### *2.1.3 Warum Suffizienz dennoch als notwendig angesehen wird*

Trotz der zuvor beschriebenen Bedenken nimmt in den vergangenen Jahren das Interesse an Suffizienz als handlungsleitende Nachhaltigkeitsstrategie zu, auch wenn sie verglichen mit erneuerbaren Energien und Energieeffizienz noch ein Randthema ist. Daher werden im Folgenden in knapper Form die Hauptargumente erläutert, die für eine stärkere Befassung mit dem Thema sprechen. Es werden zunächst allgemeine Gründe für Suffizienz dargestellt und im Weiteren Triebfedern und Lernsituationen auf individueller Verhaltensebene erläutert. Auf viele Vorteile von Suffizienz wird im Verlauf der Arbeit ausführlicher eingegangen.

Studien kommen vermehrt zu dem Ergebnis, dass suffizientes Verhalten einen entscheidenden Beitrag zur Abmilderung des von Menschen verursachten Klimawandels leisten kann und muss, um die politisch gesteckten Ziele zu erreichen (vgl. Kessler et al. 2012: 26, Kopatz 2014: 9). Durch Suffizienz besteht die Möglichkeit, die Redukti-

anforderungen an Treibhausgasemissionen neben Effizienz und erneuerbaren Energien auf eine dritte Strategie aufzuteilen. Denn auch Energieeffizienz und erneuerbare Energien bergen Risiken:

- Eine Verbesserung der Energieeffizienz führt oft nicht zur erwarteten Minderung des Energieverbrauchs, da Rebound-Effekte, Einkommenszuwächse und steigende Komfortansprüche weitere Verbrauchssteigerungen hervorrufen (vgl. Brischke/Spengler 2011: 89). Das Problem technologiebedingter Rebound-Effekte kann durch entsprechende Verhaltensänderung, d.h. Beibehaltung oder Senkung der Nachfragemengen, gemindert werden. Somit bekommt Suffizienz hier eine Kompensationsfunktion.
- Die in vielen Szenariostudien geforderten Steigerungsraten für energieeffiziente Technologien und erneuerbare Energien sowie ihre Marktdurchdringung sind sehr ambitioniert (vgl. z.B. Nitsch 2014, Linz/Scherhorn 2011: 3). Derzeit herrscht große Unsicherheit, ob sie in Zukunft realisiert werden können. Die Erreichung der Klimaziele ist in Frage gestellt, wenn gesellschaftlicher Widerstand gegen einzelne Maßnahmen entsteht (z.B. «Stoppt den Dämmwahn» (Meck 2014)) oder technische Entwicklungen nicht mit den Erwartungen mithalten.
- Durch den Ausbau erneuerbarer Energien werden sowohl Eingriffe in den Naturhaushalt vorgenommen (Bioenergie: Monokulturen, Flächenkonkurrenz zum Nahrungsmittelanbau, Windkraft: Bedrohung für Vögel, «Verspargelung der Landschaft») als auch Ressourcen zur Herstellung der Technologien verbraucht (z.B. Solarpanels, Windkraftträder).

So wird durch die Suffizienz-Strategie die individuelle und gesellschaftliche Wahlfreiheit für verschiedene Kombinationsmöglichkeiten zur nahezu klimaneutralen Entwicklung erweitert.

Ein gesellschaftlicher Vorteil von Suffizienz ist die Förderung des Gerechtigkeitsgedankens auf verschiedenen Ebenen. Sie schützt die Freiheits- und Entfaltungsrechte von Bevölkerungsgruppen, die keinen energieintensiven Lebensstil führen möchten oder dies aus finanziellen Gründen nicht können (vgl. Schneidewind/Zahrnt 2013: 22). Dies geschieht zum Beispiel dadurch, dass sich Fahrradfahrer und Fußgänger durch verminderten Autoverkehr, geringere Schadstoff- und Lärmbelastung sowie verringerte Unfallgefahr auf den Straßen sicherer fühlen.

Auf individueller Ebene sei zuerst betont, dass jede Person auch unter dem Suffizienzgedanken selbst entscheiden soll, welche Werte, Konsummuster und Ziele er oder sie im Leben verfolgt. Dennoch werden hier einige Beweggründe für die Orientierung des persönlichen Handelns an der Suffizienzstrategie dargestellt. Dies geschieht unter der Voraussetzung, dass (infra)strukturelle Gegebenheiten dieses Verhalten zulassen.



- LINZ (vgl. 2004: 38 f.) sieht das Gewinn-Motiv als stärksten Beweggrund für suffizientes Verhalten. Dahinter steht die Erwartung eines mit Suffizienz verbundenen erzielten Nutzens. In den Sozialwissenschaften gilt als Basiserkenntnis, dass Menschen ihr Verhalten und ihren Lebensstil zum einen danach ausrichten, wofür sie Fürsorge tragen und zum anderen, wovon sie einen Gewinn erwarten oder wodurch sich ein Verlust vermeiden lässt. Daher ist es nach LINZs Auffassung Ziel der Suffizienz-Forschung, «einleuchtend zu begründen und sinnlicher Erfahrung zu öffnen, was durch Selbstbegrenzung zum Leben hinzukommt, was Gelingen und Wohlbefinden schafft, eben die Lebensqualität erhöht.» (ebd.) Die Gewinnbewertung und der empfundene Vorteil sind dabei individuell verschieden und werden zusätzlich durch Milieubindung geprägt. Zu den Gewinnen, die durch suffizientes Verhalten hervorgerufen werden können, zählen zum Beispiel eine bessere Balance des Güter-, Zeit- und Raumwohlstandes. Dazu zählt auch, dass Menschen mit ihren Bedürfnissen nicht gegen sie im Einklang mit der Natur leben. SCHNEIDEWIND/ZÄHRNT sprechen daher auch von der «Wiedergewinnung von Gleichgewichten» (ebd. 2013: 14), die durch Suffizienzorientierung erreicht wird. In der beschleunigten Welt ist es heute schwieriger, Resonanz Erfahrungen zu machen. Darunter wird verstanden, dass Individuen sich in Beziehung zur Welt, Natur und anderen Menschen erfahren (vgl. Rosa 2012). Als Gewinn wird auch gewertet, dass suffizientes Verhalten ein Leben in Selbstbestimmung ermöglicht (vgl. Leng et al. 2016: 71, Paech 2013: 148 f.), was gerade bei der Alterung der Gesellschaft von Vorteil sein kann. Als Beispiele sind hier zu nennen: Orientierung auf nahe gelegene Ziele in der Freizeit, Entschleunigung durch Zu-Fuß-Gehen und Radfahren, Arbeit in Gemeinschaftsgärten zur Entkommerzialisierung. All diese Verhaltensweisen haben das Potenzial, die Gesundheit zu fördern und die Vitalität und Lebenslust zu steigern (vgl. Linz 2004: 39, Sachs 1993: 70 ff.).
- Auch zur Verfolgung altruistischer (uneigennütziger) Ziele kann suffizientes Handeln beitragen (vgl. Leng et al. 2016: 57 ff.). Hier ist auch auf individueller Ebene der Gerechtigkeitsgedanke zu nennen. Dahinter kann der Wunsch stehen, durch die Reduzierung der eigenen Nachfrage nach energieintensiven Produkten und Dienstleistungen die Lebensgrundlagen für andere Generationen und Regionen zu erhalten.
- Ein weiterer Beweggrund zur Umsetzung suffizienten Verhaltens können Lerneffekte sein. Suffizienz entsteht dann als zunächst nicht beabsichtigter Begleiteffekt (vgl. Linz 2004: 40). Handlungsleitend sind in diesem Fall andere Beweggründe wie Sparsamkeit als Tugend oder Qualitätsbewusstsein. Auch der Wunsch nach einem Dazugehörigkeitsgefühl (vgl. Kopatz 2014: 12) kann Auslöser für suffizientes Verhalten sein, wenn sich dieses im Bekanntenkreis, in der Familie oder der Nachbarschaft durchsetzt (vgl. Leng et al. 2016: 97).

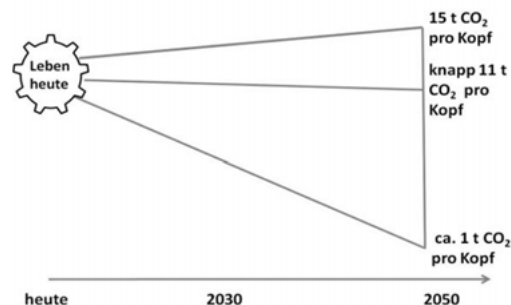
In der Fachliteratur besteht trotz der unterschiedlichen Schwerpunktsetzung einiger Autoren Einigkeit, dass suffizientes Verhalten mit dem Lebensstil verbunden ist (vgl. z.B. Leng et al. 2016). LENG et al. (vgl. 2016: 23) verstehen unter Lebensstil «ein Muster verschiedener Verhaltensweisen, das gewisse formale Ähnlichkeiten und biographische Stabilität aufweist, von anderen Personen identifiziert werden kann, Ausdruck zugrunde liegender Orientierungen (Werte und Einstellungen) ist und bestimmte Kompetenzen erfordert.» Inwieweit Lebensstile frei gewählt werden, ist in der Literatur umstritten. Änderungen der Lebensstile sind jedoch langfristig möglich. Durch Verhaltensänderung lassen sich daher Potenziale der Suffizienz erschließen. Im Folgenden werden daher die Determinanten der Verhaltensänderung in Bezug auf den Lebensstil aufgezählt. Diese gilt es, am Suffizienzgedanken auszurichten:

- Veränderung des Wertesystems
- Bewertung der Bedeutung natürlicher Ressourcen
- Gerechtigkeit mit Langfristorientierung
- Gruppenspezifische Verhaltensmuster (Wir-Gefühl)
- Gesellschaftliche Wendepunkte (bspw. Änderung der Risikowahrnehmung durch Umweltkatastrophen)
- Kulturelle und einkommensbedingte Verhaltensmuster

In Bezug auf langfristige Effekte ist den Lebensstilen eine enorme Hebelwirkung zuzusprechen. Diese bezieht sich auf langfristig wirkende Investitionsentscheidungen, die heute getroffen werden (Infrastrukturausbau), Nutzungs- und Abnutzungsintensitäten von Produkten, Etablierung von Gewohnheiten sowie die Orientierungsfunktion für jüngere Generationen.

Abbildung 5 veranschaulicht die Bedeutung für die Zukunft. Doch nicht der Lebensstil allein entscheidet über die Umsetzung suffizienten Verhaltens. Auch (infra-)strukturelle Gegebenheiten beeinflussen die Umsetzungschancen. Diese werden in den Themenfeldern Stadtentwicklung, Wohnen und Personenverkehr näher untersucht.

**Abbildung 5: Hebelwirkung von Lebensstilen**



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an CSCP 2013

## 2.2 Das Themenfeld Stadtentwicklung

Ziel dieses Unterkapitels ist es, einen kurzen Überblick darüber zu geben, mit welchen zentralen Themen sich die Stadtentwicklungsforschung derzeit beschäftigt, die für die Themenstellung der vorliegenden Arbeit relevant sind. Zunächst werden Herausforderungen für die Stadtentwicklung dargestellt (vgl. 2.2.1). Anschließend wird auf die Diskussion zu Dichtewerten und städtebaulichen Leitbildern unter Schrumpfbedingungen eingegangen (vgl. 2.2.2). Zum Abschluss wird der Forschungsstand zum Thema Energiesuffizienz und Stadtentwicklung aufgezeigt (vgl. 2.2.3).

### 2.2.1 Herausforderungen für die Stadtentwicklung

Die Leitideen für Lösungsstrategien zukunftsfähiger Entwicklung werden zumeist auf internationaler oder nationaler Ebene (bspw. «Große Transformation» WBGU (2011), «Nachhaltige Entwicklung» UN (1992)) erarbeitet. Doch die lokale Ebene leistet einen entscheidenden Beitrag bei der Vermittlung und Umsetzung dieser Konzepte in der Alltagswelt der Menschen. Klimaschutz und -anpassung gewinnen seit Jahren stetig an Bedeutung in der Stadtentwicklung hinzu (z.B. Bündnis 90/ Die Grünen als Partei in Stadtparlamenten ab den 1980er-Jahren, Lokale-Agenda-Prozesse ab 1992). Seit der Jahrtausendwende gelangt der demographische Wandel in Deutschland vermehrt in das Bewusstsein lokaler Akteure. Ergebnisse von langfristigen Bevölkerungsprognosen zeigen, dass es erstens zu einem Rückgang der Einwohnerzahlen, zweitens zur Alterung und drittens zur ethnischen Durchmischung der Gesellschaft kommen wird (vgl. Statistisches Bundesamt 2015). Die Entwicklung von Städten wird seit jeher von wirtschaftlichen Umstrukturierungsprozessen sowie Auf- und Abschwüngen bestimmter Branchen beeinflusst. Seit der Finanzkrise Ende des letzten Jahrzehnts wird in Politik und Wissenschaft wieder über ein Ende der Phase des wirtschaftlichen Wachstums und mögliche Implikationen für die Gesellschaft diskutiert (vgl. Geels 2013). Auf kommunaler Ebene sind in einigen Städten steigende Arbeitslosigkeit und Insolvenzanmeldungen, sinkende Steuereinnahmen, erhöhte Verschuldung und Zunahme der Ausgaben für Sozialleistungen Ausdruck dieser Entwicklung (vgl. Klemme 2009: 3). Jeder dieser langfristig wirkenden Prozesse tritt räumlich differenziert auf. Neben Schrumpfungs- wird es vorläufig auch Wachstumsregionen geben bzw. Gegenden, die die Auswirkungen des Klimawandels stärker zu spüren bekommen als andere (vgl. MUNLV 2007:11, LANUV NRW 2010: 35). Zudem werden die Entwicklungen nicht linear verlaufen, sondern kurzfristigen Schwankungen unterworfen sein (bspw. nimmt die Jahresdurchschnittstemperatur nicht in jedem Jahr zu). Langfristig gelten die Trends aber als stabil.

Gemeinsam ist den drei zentralen Herausforderungen der Stadtentwicklung, dass sich in Zukunft erstens auf ein «Weniger» vom derzeitigen Niveau eingestellt werden muss:

- Weniger Einwohner (demographischer Wandel)
- Weniger finanzielle Spielräume der öffentlichen und privaten Hand (wirtschaftliche Umstrukturierung)
- Weniger Treibhausgasemissionen (Klimaschutz und -anpassung) als Zielvorgabe

Zweitens werden langfristig alle drei Herausforderungen räumliche Anpassungsprozesse bedingen und einen Stadtumbau (Baukörper, Freiflächen, Infrastrukturen) mit sich bringen. Aufgabe der Stadtentwicklung wird es sein, diese Veränderungsprozesse nachhaltig zu gestalten (vgl. Deutscher Bundestag 2009:10). Unter diesen Schrumpfungsbedingungen stehen die städtebaulich relevanten, technischen sowie sozialen Infrastrukturen unter einem Anpassungs- und Umstrukturierungsdruck. Zahlreiche Studien befassen sich mit den lokalen Auswirkungen und Handlungsmöglichkeiten (vgl. bspw. Dittrich-Wesbuer et al. 2015, Osigus et al. 2015, Libbe et al. 2010, Schiller/Siedentop 2005, Kluge/Scheele 2003). Laut LIBBE et al. (vgl. 2010: 49) zählen zu den technischen Infrastrukturen Ver- und Entsorgungsanlagen der Energieversorgung, der Wasserversorgung, der Entwässerung, Verkehrs- und Erschließungsgrünanlagen. Die sozialen Infrastrukturen umfassen folgende Bereiche: Gemeindebedarfseinrichtungen wie Erziehungs- und Bildungseinrichtungen, Einrichtungen der Kinder- und Jugendpflege, Einrichtungen der Sozial- und Gesundheitsfürsorge, Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung und Sicherheit, kulturelle Einrichtungen sowie Erholungs- und Spielflächen. Besonders der demographische Wandel und seine Folgen für eine altersgerechte Infrastruktur mit weniger Bevölkerung standen bislang im Forschungsinteresse. EBERLEIN/KLEIN-HITPASS (vgl. 2012: 11) sehen auf Bundesebene in den Bereichen Wohngebäude, ÖPNV und Straßen und Wohnumfeld einen hohen Investitionsbedarf für eine altersgerechte Anpassung der Infrastruktur. Der Rückbau von technischer, netzgebundener Infrastruktur und die Schließung von sozialen Infrastruktureinrichtungen als letzte Mittel der Anpassung haben auf die Stadt- und Siedlungsflächenentwicklung einen erheblichen Einfluss. Während soziale Infrastrukturen (z.B. Schulen, Ärzte) aufgrund von Wahlmöglichkeiten der Nutzer zwischen alternativen Einrichtungen bis zu einem gewissen Grad eine größere Anpassungsfähigkeit an veränderte Bedingungen aufweisen, können technische Infrastrukturen (z.B. Gasnetz, Straßen) kaum auf den Rückgang der Nachfrage reagieren (vgl. Schiller/Siedentop 2005: 85). Dabei gibt es durchaus einen Zusammenhang zwischen einzelnen Infrastruktursystemen bspw. im Bereich sozialer Infrastruktureinrichtungen und dem Verkehrssystem. So beeinflusst einerseits die Wahl der Schule (soziale Infrastruktur) die Nutzung des Verkehrssystems (z.B. Schulbuss oder Fahrrad). Andererseits kann das Verkehrssystem auch einer der Faktoren sein, die die Schulwahl mit beeinflussen: Fährt ein Schulbus? Kann das Kind sicher zur Schule laufen? Mit anderen Worten spielt die Zielwahl bzw. deren Erreichbarkeit mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln eine Rolle.

Zu den zentralen Problemen der Unterauslastung, die in der Literatur diskutiert werden, zählt zum einen die Abnahme der Funktionsfähigkeit einzelner Systeme, was betriebstechnische oder bauliche Maßnahmen erzwingt. Bei Abwasserentsorgung und Fernwärme sind bei einer Unterauslastung von 20 % bis 30 % gemessen an der Netzauslegung bereits betriebstechnische Maßnahmen erforderlich. Bei Unterauslastungen von 50 % bis 60 % können bauliche Maßnahmen zwingend werden (vgl. Herz, zitiert in Koziol/Freudenberg 2003: 64). Zum anderen kommt es bei abnehmender Nachfrage zur Zunahme spezifischer Infrastrukturaufwendungen pro Kopf. Aufgrund des hohen Fixkostenanteils bleiben die Kosten für die Aufrechterhaltung der Infrastrukturleistung auch bei Nachfragerückgang bestehen (Kostenremanenz) (vgl. Eberlein/Klein-Hitpaß 2012: 18).

Weitgehend einig ist sich die Forschung darin, dass in mittel- bis langfristiger Zukunft die heutigen Strukturen bei abnehmender Einwohnerzahl nicht konstant gehalten werden, sondern öffentliche Hände, private Betreiber und Nutzer eingreifen müssen (vgl. Dittrich-Wesbuer et al. 2015, Hahne 2009). Unabhängig vom Infrastrukturbereich werden in der Literatur einige grundsätzliche Anpassungsoptionen genannt, die je nach System und lokalen Eigenheiten ausgewählt werden (vgl. Tabelle 2).

**Tabelle 2: Grundlegende Anpassungsoptionen im Infrastrukturbereich**

Anpassungsoptionen	Beispielmaßnahmen
Verbesserung der Erreichbarkeit	Optimiertes Nahverkehrsnetz mit hoher Taktfrequenz
Flexibilisierung / Verkleinerung	Anrufsammeltaxen, Zwergschulen
Bündelung / Multifunktionalität	Nachbarschaftsläden, multifunktionale Kursräume
Temporäre Versorgung	Wochenmarkt, Arztprechstunden
Mobile Versorgung	Mobile Bücherei, Fachlehrermobilität
Versorgung über I&K-Technologie	Online Rathaus, Online-Sprechstunde
Dezentralisierung	Nahwärmenetz, Energieautarkie von Häusern
Vergrößerung der Versorgungsgebiete	Anschlusszwang für Fernwärme

Quelle: eigene Darstellung nach Hahne 2009: 5 ff., Kluge/Scheele 2003: 11

### 2.2.2 Dichtewerte und städtebauliche Leitbilder unter Schrumpfbedingungen

In der raumplanerischen Fachliteratur werden Fragen der «optimalen» (Bebauungs- und/oder Einwohner)Dichte einzelner Siedlungen und ganzer Städte emotional geführt (vgl. Wurzbacher 2012: 24, Westphal 2008). Dabei standen in den vergangenen Jahren die ökonomischen Implikationen wie Bereitstellung von Infrastruktur und Folgekosten sowie Kosten zentralörtlicher Einrichtungen im Vordergrund (vgl. Mayr/Tack 2010: 13). Diskutiert werden darüber hinaus ökologische Auswirkungen der verschiedenen Dichtewerte (Flächen und Ressource sparende Siedlungsentwicklung sowie soziale Grenzen in Bezug auf die Freiraumversorgung oder Wohnumfeldqualität (vgl. Westphal 2008). Ein Aspekt, der bislang wenig untersucht wurde, ist die Auswirkung der

städtebaulichen Dichte auf den Ausstoß von Treibhausgasemissionen (vgl. Jenssen 2009: 281 ff.).

Eine Möglichkeit für die Operationalisierung der städtebaulichen Dichte ist die Geschossflächendichte (GFD), die das Verhältnis von Bruttogeschossfläche bezogen auf das Nettowohnbauland angibt (vgl. ebd.). JENSSEN (vgl. 2009) hat in einer Studie die siedlungsstrukturell bedingten Unterschiede der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärme- und Stromversorgung untersucht. Aus den Emissionsbilanzen ist zu erkennen, dass die Siedlungsformen geringerer GFD höhere Emissionswerte erreichen (Faktor 1,5 bis 2,5). Er betont, dass bei den Gestaltungsmöglichkeiten der Siedlungsentwicklung die Raumplanung über wichtige Instrumente verfügt, um Einfluss auf die Geschoss- und Wohnfläche der Bewohner zu nehmen. Mittelbar wirkt sich das auf den Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus. JENSSEN (vgl. ebd.) stellt darüber hinaus die Verbindung der Dichteanalysen zur Diskussion der städtebaulichen Leitbilder her. Er vermutet, dass die Legitimität des Leitbildes der kompakten, europäischen Stadt durch das Argument des Klimaschutzes eine Stärkung erfahren kann. Trotz der positiven Klimabilanz von Siedlungstypen mit zunehmender Dichte ist dies kein Argument für die Umsetzung einer bedingungslosen Dichte vor dem Hintergrund der Klimaneutralität, da bei einer hohen Dichte die städtebauliche Qualität und die Wohnwünsche der Bevölkerung oft nicht berücksichtigt werden. Es wird deutlich, dass die Dichtediskussion vor dem Problem widersprüchlicher Anforderungen und unterschiedlicher Zieldimensionen wie bspw. Infrastrukturfolgekosten oder Aufenthaltsqualität (Freiraumbedarf, Privatsphäre) steht. Gerade bei bestehenden Siedlungsstrukturen muss das individuelle Verhalten der Bewohner, das bis zu 30 % der Bilanz bestimmen kann, beachtet werden (vgl. Jenssen 2009: 284). Dies ist ein guter Ansatzpunkt, um die Förderung von suffizientem Verhalten zu diskutieren.

Auch in den Expertengesprächen im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde das Thema «Lage, Mischung, Dichte» diskutiert. Die Auswertung der Gespräche hat gezeigt, dass viele Interviewpartner der Definition quantitativer Lage-, Mischung- und Dichtewerte in Bezug auf Klimaneutralität eher kritisch gegenüberstehen (vgl. z.B. IP 6,9,10).<sup>2</sup> Unter Berücksichtigung lokaler Besonderheiten und weiterer Nachhaltigkeitsanforderungen ist es ihrer Ansicht nach nicht möglich, allgemeingültige optimale Werte in quantitativer Form zu bestimmen. Anders sieht es bei der Formulierung qualitativer Richtwerte aus. In Bezug auf Lagemerkmale betonen verschiedene Interviewpartner, dass optimale Lagen zwar nicht direkt geschaffen oder hergestellt werden können. Es besteht aber die Möglichkeit bei Zusammenarbeit zentraler Akteure, städti-

---

<sup>2</sup> IP = Interviewpartner; Bei der Auswertung der Interviews scheint eine genaue Quantifizierung der Nennungen wenig sinnvoll, da nicht alle Kategorien in jedem Interview angesprochen werden konnten und die Zahl der Interviews mit 15 gering ist. Zur besseren Einordnung wurde dennoch eine grobe Differenzierung vorgenommen: Bei den Begriffen «wenige(n)» «vereinzelt» und «einzelne(n)» handelt es sich um ein bis zwei Experten. «Einige(r)», «verschiedene(r)» und «häufig», «viele», «mehrere(n)», bzw. «mehrfach» ist gleichzusetzen mit drei bis sieben Nennungen der Experten und «die Mehrheit», die «Mehrzahl» bzw. «die meisten» bedeutet, dass mindestens acht Experten den Sachverhalt genannt haben. Da auch 15 Akteursgespräche geführt wurden, ist die Einteilung hier übernommen worden.

sche Entwicklungen dort zu fördern, wo ÖPNV-Anbindungen bestehen und kompakte innerstädtische Quartiere zu finden sind (vgl. IP 2,6,14). Einige Experten weisen darauf hin, dass die Mischung von Wohnen, Einkaufen und Arbeiten für die Vermeidung der Verkehrserzeugung und eine gute Aufenthaltsqualität im Quartier wichtig ist (vgl. IP 5,8,10). Häufig wird betont, dass Klimaneutralität nicht der ausschlaggebende Faktor bei der Formulierung von Dichtewerten sein sollte (vgl. IP 5,10,12). Gerade bei der qualitativen Formulierung der Dichtewerte wird deutlich, dass der Freiraumanspruch der Bewohner für die Aufenthaltsqualität wichtiger ist als eine dichte Bebauung (vgl. IP 5,8,12).

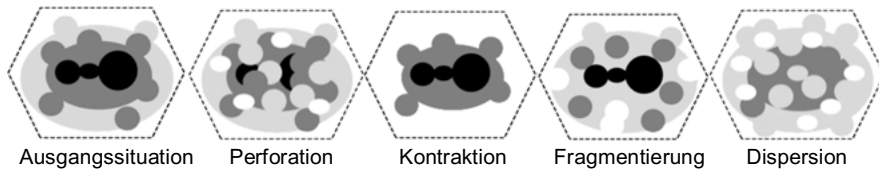
### **Städtebauliche Leitbilder unter Schrumpfungsbedingungen**

WESTPHAL (vgl. 2008: 269 f.) unterstreicht, dass aus Sicht der stadttechnischen Infrastruktur bei Schrumpfung nicht nur die Bebauungsdichte, sondern besonders die Einwohnerdichte entscheidend ist. Dies liegt daran, dass beim Bevölkerungsrückgang zunächst nur die Einwohnerdichte zurückgeht, die Bebauungsdichte ohne Abriss aber konstant bleibt. Solange Gebäudehülle, genutzte Wohnfläche und Anlagen der Wärmebereitstellung bestehen bleiben, ändert sich an den verursachten Emissionen nichts. In Bebauungsplänen werden allerdings über die Geschossflächenzahl und über die Bebauungsdichte vor Beginn der Bebauung entscheidende Annahmen getroffen. Gerade beim Umgang mit Einwohnerrückgang ist auch eine Berücksichtigung der Einwohnerdichte sinnvoll.

Während das Leitbild der kompakten europäischen Stadt vor dem Hintergrund wachsender Städte formuliert worden ist, werden in der Fachliteratur verschiedene Modelle diskutiert, die sich explizit mit schrumpfenden Städten auseinandersetzen. Städtebauliche Leitbilder erbringen traditionell eine Ordnungs- und Steuerungsleistung in Bezug auf die Entscheidungen zur Gestaltung des Stadtumbaus. Außerdem dienen sie dazu, planerische Trends bewusst zu machen. Zudem unterstützen sie die Auseinandersetzung mit innovationsfördernden Instrumenten und Maßnahmen (vgl. Kuder 2001: 11 ff.). Somit konkretisieren sie eine städtebauliche Idee, die als Orientierungsrahmen für politische, stadtplanerische und private Handlungsentscheidungen fungiert.

Städtebauliche Strukturen haben einen großen Einfluss auf die Energienachfrage im Bereich Verkehr und Raumwärme und somit auf die Emissionen einer Stadt. Dabei unterscheiden sich die meisten städtebaulichen Leitbilder in Bezug auf ihre Dichtevorstellungen (sowohl Bebauungsdichte als auch Einwohnerdichte), ihre funktionale Durchmischung und die dadurch bedingte Wegelänge für tägliche Mobilität.

In Abbildung 6 sind wichtige städtebauliche Leitbilder schrumpfender Städte dargestellt. Je dunkler die Farbe, desto höher ist die Bebauungs- und Einwohnerdichte.

**Abbildung 6: Schematische Darstellung von städtebaulichen Leitbildern unter Schrumpfbedingungen**

Quelle: eigene Darstellung nach Westphal 2008: 113 (teils vorherveröffentlicht in Rudolph/Gröne/Reutter 2016: 208)

Das Leitbild der **perforierten** Stadt wurde 2001 in der Stadt Leipzig ausgearbeitet, indem es als eine Form der Stadtraumkategorie vorgestellt wurde (vgl. Stadtumbau im Konsens o.J.). Perforierung bezieht sich im negativen Sinn auf die Durchlöcherung der zuvor kompakten baulich-räumlichen Stadtstrukturen. Als Chance verstanden, besteht mittels kleinräumigem Rückbau die Möglichkeit, auf so entstandenen Freiflächen im Stadtzentrum und in Großwohnsiedlungen ökologisch oder sozial begründete Freiräume und neue Bauformen zu etablieren (vgl. Heineberg 2008: 319). Ein Zielkonflikt kann bei der Umsetzung dieses Leitbildes zwischen der Auflösung der kompakten Stadtstruktur und der dadurch entstehenden Grünflächen sowie der Dichteanforderung entstehen.

Ausgangspunkt für die Entwicklung des Leitbildes der **kontrahierten** Stadt bilden räumliche Schrumpfungerscheinungen. Die Grundidee einer konzentrisch schrumpfenden Stadt basiert auf einem Rückbau von den Siedlungsrändern unter gleichzeitiger Stabilisierung bzw. Stärkung der Siedlungsmitte (vgl. Stadt Cottbus o.J.). Der Zielkonflikt dieses Leitbildes entsteht zwischen den Anliegen einerseits nach angemessenen Dichtewerten zur Aufrechterhaltung urbaner Stadtstrukturen und andererseits nach Freiflächen für Klimaanpassung und wohnungsnahen Grünflächen (vgl. Reutter et al. 2012: 50).

Das Leitbild der **Fragmentierung** sieht eine differenziertere Dichteentwicklung als die kontrahierte Stadt vor. Es kommt zu einer polyzentralen Siedlungsstruktur. Der Stadtkern weist nach wie vor die höchsten Dichtewerte auf, gefolgt von Subzentren mit gleichfalls höherer Dichte. Zwischen diesen Bereichen sind Gegenden mit geringerer Dichte zu finden (vgl. Westphal 2008: 112).

Das Modell der **Dispersion** ist durch eine flächendeckende Verringerung der Dichte gekennzeichnet. Es ergeben sich nur geringe Schwankungen zwischen den Bereichen geringerer und sehr geringer Dichte. Ein Stadtzentrum ist nicht mehr zu erkennen (vgl. ebd.) Disperse bauliche Entwicklung verursacht hohe Infrastrukturkosten (vgl. Schiller/Siedentop 2005: 84).

Auch in den Expertengesprächen wurde das Thema behandelt. Viele Interviewpartner sind sich einig, dass für eine langfristig zukunftsfähige Entwicklung städtebauliche Leitbilder bei schrumpfenden Städten von Bedeutung sind (vgl. bspw. IP 1,7,12,15). Dabei ist es nicht möglich, ein einziges städtebauliches Leitbild für



schrumpfende Städte zu entwerfen, sondern je nach Merkmalen der Stadt kann das Leitbild unterschiedlich ausfallen (vgl. IP 2,4).

Von den Interviewpartnern werden besonders zwei Leitbilder als zukunftsfähig in Bezug auf Klimaneutralität angesehen. Die Mehrheit der Gesprächspartner nennt sowohl das Leitbild der Kontraktion als auch der Fragmentierung (vgl. bspw. IP 2,6,11,13). Begründet wird die Zukunftsfähigkeit des Leitbildes der Fragmentierung damit, dass gerade bei polyzentrischen Städten die Stadtstruktur aufrechterhalten werden kann (vgl. bspw. IP 3,10). Darüber hinaus betonen einige Experten, dass dieses Leitbild auch aus Verkehrsvermeidungssicht und als Klimafolgenbewältigung sinnvoll ist, da explizit Rückbau zwischen den Verdichtungskernen geplant wird (vgl. IP 9,10).

Auch der Kontraktion wird von den meisten Interviewpartnern als zukunftsfähiges städtebauliches Leitbild hervorgehoben. Begründet wird dies damit, dass kompakte Strukturen entstehen und Wegelängen vermieden werden (vgl. bspw. IP 5,10,14). Allerdings ist nach Meinung einiger Experten auch darauf zu achten, dass negative Rückkopplungseffekte entstehen, wenn keine Freiflächen als Ausgleichsflächen bereitgehalten werden (vgl. bspw. IP 10,12).

Die Expertengespräche zeigen, dass die Entwicklung städtebaulicher Leitbilder in einem konkreten räumlichen Kontext nur in Zusammenarbeit mit Akteuren vor Ort erfolgen kann.

### *2.2.3 Energiesuffizienz und Stadtentwicklung*

Die Handlungsfelder «Erneuerbare Energien» und «Energieeffizienz» werden in der Literatur zum Thema nachhaltige Stadtentwicklung und im Themenkomplex Städte und Klimawandel vielfach diskutiert (vgl. bspw. Verbücheln/Dähler (Hrsg.) 2016, Großmann et al. 2012, Krau 2011, Goretzki 2010). Eine Forschungslücke besteht in der systematischen Entwicklung der Bedeutung und Umsetzung von Energiesuffizienz als handlungsleitende Strategie. Erste Ansätze werden in der Praxis von der Stadt Zürich erarbeitet, die 2008 das langfristige Ziel der 2.000-Watt-Gesellschaft in der Gemeindeordnung verankert hat und bei der Zielerreichung auf eine Kombination aller drei Nachhaltigkeitsstrategien setzt (vgl. Kessler et al. 2012). In der zweiten Förderrunde der Masterplan-Kommunen, die 2016 angelaufen ist, wird Suffizienz erstmals in Deutschland als Handlungsstrategie explizit eingefordert (vgl. PTJ o.J.).

Obwohl von Seiten der Stadtentwicklung der Bezug auf (Energie)Suffizienz meist fehlt, werden zum Teil schon seit langer Zeit Strategien und Maßnahmen diskutiert, die energiesuffizientes Verhalten ermöglichen und fördern. Als Beispiele sind zu nennen das Prinzip der Stadt der kurzen Wege, Innen- vor Außenentwicklung, neue Balance von Dichte, Offenheit und Mischung sowie die Reduzierung des Flächenverbrauchs (vgl. Holz-Rau/Scheiner 2005, Gertz 1999). Einzelne Arbeiten weisen darauf hin, dass suffizientes Verhalten im Raum in erster Linie darauf abzielen sollte, den fortschreitenden Flächenverbrauch zu verringern (vgl. BUND et al. 2008: 244): (Reihen)Haussiedlungen an den Rändern der Städte erzeugen steigenden motorisierten In-

dividualverkehr und zunehmenden Flächenverbrauch, während Wohnungen in den Städten leer stehen. Diesen Trend gilt es mit Hilfe einer Veränderung der Siedlungs-, Versorgungs- und Produktionsstrukturen umzukehren.

Energiesuffizienz wird bislang erst in Ansätzen mit klimaneutraler und nachhaltiger Stadtentwicklung in Zusammenhang gebracht (vgl. Schneidewind/Zahrnt 2013: 73 ff.). Laut LINZ (vgl. 2004: 36 f.) gehören Subventionen, Ordnungsrecht, Planungsrecht, Baurecht, Stadt- und Raumplanung sowie finanzielle Anreize ganz allgemein zu den wichtigsten Maßnahmen, die Suffizienz ermöglichen. Einen ersten *bottom-up*-Ansatz von Seiten der Zivilgesellschaft zur Verbreitung von Suffizienz und anderer Nachhaltigkeitsstrategien auf Stadtebene stellt die Transition-Town-Bewegung dar (vgl. Smith 2011).

## 2.3 Das Themenfeld Klimaneutralität

Die Diskussionen um das Thema Klimaneutralität sind eng an die naturwissenschaftlich geprägte Debatte des menschengemachten Klimawandels und dessen heutiger und zukünftiger Folgen geknüpft. Klimaneutralität bezeichnet einen Zustand, in dem die Gesellschaft durch ihr Handeln nicht mehr Treibhausgasemissionen verursacht, als die Natur aufnehmen kann ohne langfristig Schaden zu nehmen (vgl. UBA 2014a: 5). Treibhausgase<sup>3</sup> (THG) sind strahlungsbeeinflussende, gasförmige Stoffe in der Atmosphäre, die die langwellige Infrarotstrahlung der Erdoberfläche absorbieren und als Gegenstrahlung der Atmosphäre die Erdoberfläche zusätzlich zur kurzwelligen Strahlung der Sonne erwärmen (vgl. Bauer et al. 2002: 80 f.). THG können sowohl einen natürlichen als auch einen anthropogenen Ursprung haben. Dadurch, dass Menschen seit über zwei Jahrhunderten mehr und mehr THG emittieren, haben sich der Treibhausgaseffekt und die Erderwärmung verstärkt. Wetterextreme wie Hitzewellen, Stürme und Überschwemmungen nehmen zu (vgl. IPCC 2014). In der Forschung besteht weitgehend Einigkeit, dass ein Anstieg der globalen Jahresmitteltemperatur um mehr als 2° C verglichen mit dem vorindustriellen Niveau zu irreversiblen Schäden für Natur und Menschen führen würde. Daher wurde das sogenannte 2° C-Ziel ausgerufen. (vgl. ebd.: 10).

Weltweit wurden im Jahr 2010 42,3 Gt CO<sub>2</sub> äq emittiert, im Jahr 1990 waren es lediglich 30,9 Gt CO<sub>2</sub> äq (vgl. Statista 2015a). Experten gehen von einem Gesamtbudget von 1.750 Gt CO<sub>2</sub> äq aus, das zwischen 1990 und 2050 weltweit emittiert werden darf, um das 2° C-Ziel einzuhalten (vgl. Rahmstorf 2009). In den ersten 20 Jahren dieses Zeitraums wurden bereits gut 730 Gt ausgestoßen, was ca. 41 % der Gesamtmenge ausmacht (eigene Berechnung nach Statista 2015a). Es gibt viele Szenarien, die die

---

<sup>3</sup> Zu den Treibhausgasen des Kyoto-Protokolls zählen: Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O), Fluorchlorkohlwasserstoffe (FCKWs), Schwefelhexafluoride (SF<sub>6</sub>) und Stickstofftrifluorid. Weitere zum Treibhausgaseffekt beitragende Stoffe sind: Wasserdampf, Ozon, Wolken, Aerosole und Rußpartikel.

Aufteilungen des THG-Budgets modellieren. Sie alle verlangen tiefgreifende technologische und gesellschaftliche Veränderungen (vgl. IPCC 2014). Dabei spielen Atomenergie und Carbon Capture and Storage (CCS) meist eine wichtige Rolle. Diese Technologien sind allerdings nicht nur in Deutschland umstritten (vgl. Kainuma et al. 2013: 6).

THG-Emissionen lassen sich bezüglich ihrer Emissionsquellen in zwei Gruppen einteilen. Zum einen sind das die energiebedingten Emissionen (z.B. Energiewirtschaft, Verkehr) und zum anderen die nicht-energiebedingten Emissionen (z.B. Landwirtschaft, einige Industrieprozesse, Abfallwirtschaft). Im Jahr 2010 wurden in Deutschland knapp 947 Mio. t CO<sub>2</sub> äq THG emittiert, was einen Rückgang von 24 % im Vergleich zu 1990 bedeutet (vgl. UBA 2014b). 779 Mio. t (82 %) der THG-Emissionen waren energiebedingt und von diesen waren 99 % CO<sub>2</sub> Emissionen (eigene Berechnung nach UBA 2013). In der weiteren Untersuchung wird daher ein Schwerpunkt auf den Ausstoß von CO<sub>2</sub> durch energiebedingte Quellen gelegt.

Auf allen politischen Ebenen wird über konkrete Ziele in Bezug auf Klimaneutralität<sup>4</sup> diskutiert. Ende 2015 konnte auf der UN-Klimakonferenz in Paris ein weltweites Abkommen geschlossen werden, das die Begrenzung der globalen Erwärmung auf weit unter 2° C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau vorsieht (vgl. Bundesregierung 2015a). Auf Ebene der Europäischen Union wurde das 2° C-Ziel im Jahr 2005 vom Europäischen Rat erstmals festgehalten (vgl. Rat der Europäischen Union 2005), ohne jedoch genaue Minderungszielwerte zu nennen. Mit der «*Low Carbon Roadmap 2050*» wurde 2011 eine Analyse vorgelegt, die die Umsetzung eines sektorübergreifenden Reduktionsziels von THG-Emissionen von 80 % bis zum Jahr 2050 untersucht (vgl. Fischer/Geden 2012). Im Jahr 2010 hat die deutsche Bundesregierung das «Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung» veröffentlicht. Hier wird ein Entwicklungspfad der THG-Emissionen von 1990 bis 2050 aufgezeigt. Dabei werden folgende Klimaschutzziele festgelegt: minus 55 % bis 2030, minus 70 % bis 2040 und minus 80 % bis 95 % bis zum Jahr 2050 (immer verglichen mit den Emissionen von 1990) (vgl. Bundesregierung 2010: 4). Auch Landesregierungen beginnen damit, verbindliche THG-Minderungsziele festzuschreiben. Im Jahr 2013 beschloss Nordrhein-Westfalen (NRW) als erstes Bundesland mit dem «Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes» eine verbindliche Minderung der THG-Emissionen um mindestens 80 % im Vergleich zu 1990. NRW ist das größte Energieland der Bundesrepublik und für ca. ein Drittel der THG-Emissionen in Deutschland verantwortlich (vgl. MKULNV o.J.). Politisch gesetzte Ziele zur Klimaneutralität reichen bis zur kommunalen und Kreisebene. Städte, Gemeinden und Kreise aller Größenklassen erarbeiten *Roadmaps* und Handlungsszenarien für eine klimaneutrale Entwicklung bis zum Jahr 2050 (vgl. Reusswig/Lass 2014: 249). Dazu gibt es eine Vielzahl von Wettbewer-

<sup>4</sup> Nicht immer wird der Begriff *klimaneutral* oder *Klimaneutralität* verwendet. Begriffe wie *low carbon*, *CO<sub>2</sub>-arm* oder *CO<sub>2</sub>-frei* weisen in die gleiche Richtung. Oft wird auch der Zusatz «nahezu» oder «weitgehend» verwendet. Allen gemeinsam ist das Ziel einer Energieversorgung die weitgehend ohne THG-Emissionen auskommt.

ben sowie Forschungs- und Förderprogrammen, die die Bemühungen unterstützen. Inwieweit die kommunale Ebene selbst Einfluss auf alle verursachten Emissionen nehmen und Handlungsszenarien umsetzen kann, ist umstritten (vgl. Schönberger 2013: 11 f., Bulkeley 2010: 238). Zentral ist in diesem Zusammenhang auch die Frage nach der Berechnungsmethode. Dabei ist nicht nur entscheidend, welche Bezugsebene gewählt wird, sondern auch welche THG und Sektoren einbezogen werden (vgl. Yetano Roche et al. 2014: 521 ff.).

Bei der Betrachtung langfristiger Entwicklungspfade und ihrer Strategien hin zur **Klimaneutralität** auf verschiedenen räumlichen Ebenen spielt Suffizienz bislang eine untergeordnete Rolle. LINZ/SCHERHORN (2011: 3 f.) zeigen in einer Analyse von 15 verschiedenen, auf Deutschland bezogenen **Energieszenarien**, dass Energiesuffizienz explizit in keine der Szenariostudien integriert wurde. In einigen Fällen wird lediglich von Verhaltensänderungen ausgegangen, ohne deren Beitrag zur emissionsfreien Energieversorgung bis 2050 näher zu untersuchen oder zu quantifizieren (ebd.). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Metaanalyse verschiedener internationaler Energieszenarien (vgl. Samadi et al. 2016). Viele Studien kommen zu dem Ergebnis, dass eine weitgehend klimaneutrale Entwicklung allein durch Effizienzmaßnahmen und erneuerbare Energien theoretisch realisierbar zu sein scheint (vgl. z.B. international: das Energy (R)evolution Szenario von Greenpeace et al. (2015), die *Energy Technology Perspective* 2015 der IEA (2015), national: das Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050 des WWF (Kirchner et al. 2009), Energiereferenzprognose Szenario II B, die vom BMWI in Auftrag gegeben wurde (Schlesinger et al. 2014)). Allerdings setzen sie dabei enorm hohe Anforderungen an die technologische Weiterentwicklung, Finanzierungskraft, Umsetzungsgeschwindigkeit und Akzeptanz einzelner Technologien.

## 2.4 Das Themenfeld Mobilität und Verkehr

Ziel dieses Unterkapitels ist es, den Stand der Forschung zu den für die vorliegende Arbeit relevanten Aspekten des Themenfeldes Mobilität und Verkehr aufzuarbeiten und zu strukturieren. Dazu werden in Abschnitt 2.4.1 ausgewählte Daten und Fakten dargestellt, die einen kurzen Überblick über die Struktur des Energieverbrauchs im Verkehrssektor in Deutschland geben. In Abschnitt 2.4.2 wird die Verbindung von Verkehr und Klimaneutralität in Langzeitszenarien hergestellt und der Stand der Forschung präsentiert. Es folgt in Abschnitt 2.4.3 die Aufbereitung des Wissensstandes zum Thema Suffizienz und Verkehr. Die Beeinflussung der Verkehrsnachfrage hin zu weniger motorisiertem Verkehr ist einer der zentralen Ansatzpunkte der Energiesuffizienz-Strategie in diesem Sektor. Daher werden in Abschnitt 2.4.4 zentrale Diskussionsstränge zu diesem Thema dargestellt.

Mobilität ist eine der Grundvoraussetzungen des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Handelns (vgl. Becker/Rau 2004: 2). Dabei wird zwischen drei wesentlichen Ar-

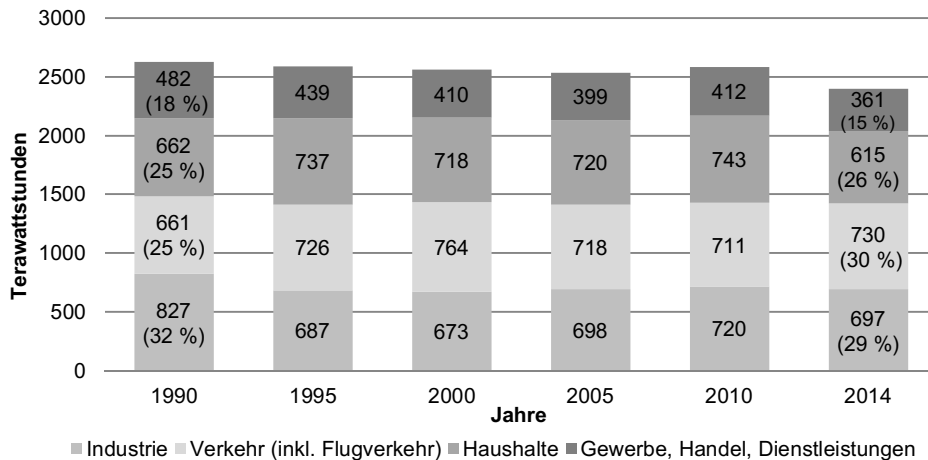
ten der Mobilität unterschieden, die alle dazu beitragen, das Mobilitätsbedürfnis der Menschen zu befriedigen und persönliche Entfaltung zu ermöglichen:

- a) Soziale Mobilität (gesellschaftlicher Auf- und Abstieg)
- b) Geistige Mobilität (Erlernen neuer Kenntnisse und Fähigkeiten)
- c) Räumliche Mobilität (als physische Bewegung, Umzüge, aber auch virtuelle Mobilität)

Räumliche Mobilität bezeichnet das Bewegungspotenzial im Sinne einer Möglichkeit, also die Erreichbarkeit von Zielen. Sie drückt sich kurzfristig über das Verkehrshandeln und langfristig über das Wanderungsverhalten (Umzüge) aus (vgl. Hammer/Scheiner 2006: 18). Die Ausweitung von Informations- und Telekommunikationstechnologien im Alltag führen ihrerseits zur Ausweitung der Möglichkeitenräume, ohne dass Ortsveränderungen nötig sind. Die physisch tatsächlich realisierte Ortsveränderung wird als Verkehr bezeichnet, also die Umsetzung des räumlichen Mobilitätsbedürfnisses (vgl. Schwarze 2015: 36 f., Becker/Rau 2004: 6). Somit wird als primäres Ziel der Verkehrsplanung die Sicherung bedürfnisgerechter Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen verstanden. Als Sekundärziel definieren BECKER/RAU (vgl. 2004 7 ff.) das Aufrechterhalten der Mobilität mit geringstem Aufwand: mit minimalem Verkehr. Verkehrsvermeidung bzw. Verkehrsverringerung werden also im Folgenden immer vor dem Hintergrund der gleichzeitigen Mobilitätssicherung diskutiert.

#### *2.4.1 Verkehr: ausgewählte Daten und Fakten für Deutschland*

Der Verkehrsbereich hatte im Jahr 2014 einen Anteil von 30 % am Endenergieverbrauch in Deutschland. Damit liegt er erstmals knapp vor der Industrie (29 %). An dritter und vierter Stelle folgen private Haushalte (26 %) und der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (15 %). Trotz aller Bemühungen um eine Reduktion des Energieverbrauchs hat sowohl der Anteil des Verkehrssektors (von 25 % auf 30 %) als auch dessen absoluter Endenergieverbrauch (von 661 auf 730 Terawattstunden) im Vergleich zum Jahr 1990 zugenommen (vgl. UBA 2016b und Abbildung 7). Damit ist der Verkehr der einzige der vier Sektoren, dessen Endenergieverbrauch im Vergleich zum Jahr 1990 nicht zurückgegangen ist

**Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren von 1990 bis 2014**

Quelle: eigene Darstellung nach UBA 2016b

Der weitaus größte Teil des Endenergieverbrauchs (fast 94 %) beruht im Verkehrssektor auf fossilen und klimaschädlichen Mineralölprodukten. Wie aus Abbildung 8 ersichtlich wird, spielen alle anderen Energieträger bislang eine untergeordnete Rolle.

**Abbildung 8: Anteile von Energieträgern am Endenergieverbrauch im Verkehr in 2014**

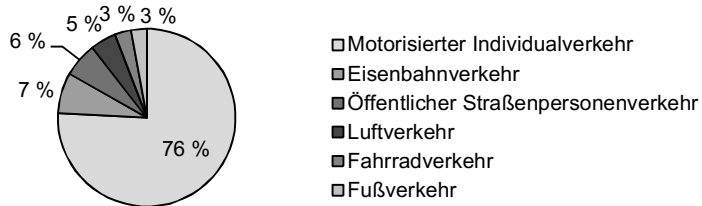
Quelle: eigene Berechnung und Darstellung nach Daten des UBA 2016c

Innerhalb des Verkehrssektors hat der Personenverkehr im Jahr 2013 einen Anteil von 70 % am Primärenergieverbrauch. 30 % werden dem Güterverkehr zugerechnet (vgl. eigene Berechnung nach Daten des UBA 2015a). Zur weiteren Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes wird daher im Folgenden auf den Personenverkehr eingegangen.

Den größten Anteil am Primärenergieverbrauch im Personenverkehr hatte im Jahr 2013 der Straßenverkehr mit 82 %, gefolgt vom Luftverkehr (14 %), der in den letzten Jahren die höchsten Zuwachsraten verzeichnet hat. Der Schienenverkehr besitzt einen Anteil von 4 % (vgl. UBA 2015a).

Der gesamte Personenverkehrsaufwand betrug im Jahr 2012 rund 1.200 Mrd. Personenkilometer (Pkm). Allein 76 % fallen dabei dem motorisierten Individualverkehr zu. Es folgen mit großem Abstand der Eisenbahnverkehr (7 %), der öffentliche Straßenpersonennahverkehr (6 %) und der Luftverkehr (5 %). An letzter Stelle stehen die nicht motorisierten Verkehrsarten Fahrrad- und Fußverkehr mit jeweils 3 % (vgl. UBA 2015b; siehe Abbildung 9).

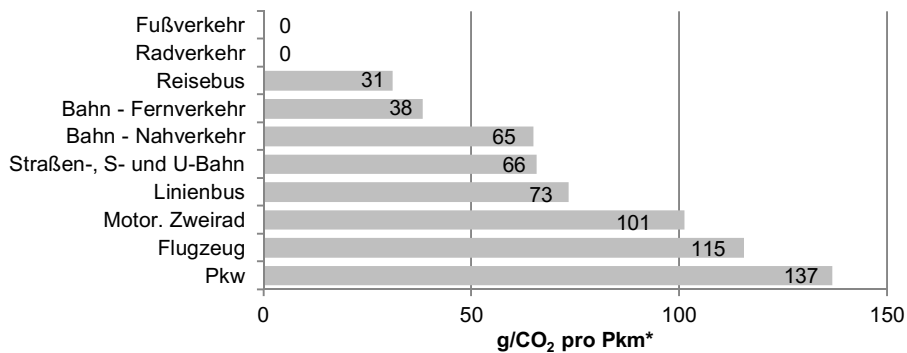
**Abbildung 9: Anteile der Verkehrsarten am Verkehrsaufwand im Personenverkehr in 2012**



Quelle: eigene Darstellung nach Daten des UBA 2015b

Entscheidend für den Beitrag der einzelnen Verkehrsarten zum gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind nicht nur ihr jeweiliger Aufwand, sondern auch die Emissionen, die sie pro Pkm verursachen.

In Abbildung 10 ist zu sehen, dass der Pkw mit 137 g/CO<sub>2</sub> pro Pkm die meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen emittiert. An zweiter Stelle folgt der Flugverkehr mit durchschnittlich 115 g/CO<sub>2</sub>. Hier ist zu beachten, dass das UBA mit einem sehr hohen Auslastungsgrad von 77 % rechnet. Die drei Nahverkehrsarten Linienbus-Nahverkehr, Bahn-Nahverkehr und die Gruppe der Straßen-, S- und U-Bahnen verursachen mit 65 bis 73 g/CO<sub>2</sub> ähnlich viele Treibhausgase pro Pkm. Noch besser sehen die Emissionen beim Fernverkehr (Eisenbahn 38 g/CO<sub>2</sub> und Reisebus 31g/CO<sub>2</sub>) aus. Keine nennenswerten Emissionen entstehen beim Fuß- und Radverkehr, weshalb sie auch als klimaneutrale Verkehrsarten bezeichnet werden. Somit besteht aus Sicht des Klimaschutzes kein Grund diese einzuschränken. Vielmehr ist es Ziel, möglichst viele Wege auf diese beiden Verkehrsarten zu verlagern.

**Abbildung 10: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Verkehrsarten in Gramm pro Personenkilometer**

\* zugrunde gelegte Auslastungen: Pkw: 1,5 Pers.; Flugzeug: 77 %; Motor. Zweirad: 1 Pers.; Linienbus: 21 %; Straßen-, S- und U-Bahn: 19 %; Bahn-Nahverkehr: 28 %; Bahn-Fernverkehr: 50 %; Reisebus: 60 %

Quelle: eigene Darstellung nach Daten des UBA 2016d

#### 2.4.2 Der Verkehrssektor und Klimaneutralität in Langzeitszenarien

Aufgrund der hohen Bedeutung des Verkehrssektors für den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen spielt er in der Entwicklung von Langzeitszenarien, die das Ziel der Klimaneutralität verfolgen, eine wichtige Rolle. Dies gilt für alle Ebenen von der globalen bis hin zu den kommunalen Langzeitszenarien. Nach einer Studie der IEA (vgl. 2013: 8) ist der Verkehr für die Hälfte des weltweiten Ölverbrauchs und für 20 % des Energieverbrauchs verantwortlich. Hier wiederum sind 40 % des Endenergieverbrauchs dem Stadtverkehr (*urban transport*) zuzurechnen (vgl. ebd.). Ziel ist es, auf allen räumlichen Ebenen die Emissionen auf ein Minimum bis Mitte dieses Jahrtausends zu verringern.

Auch wenn an dieser Stelle keine einzelnen Szenariostudien vertiefend vorgestellt werden können, werden einige grundlegende Erkenntnisse dargestellt, die für die Entwicklung der Szenarien im Rahmen dieser Arbeit relevant sind.

Ohne massive und substanzielle Minderungsmaßnahmen werden auf **globaler Ebene** die Emissionen im Verkehrssektor schneller ansteigen, als in irgendeinem anderen Sektor mit energiebedingten Emissionen (vgl. Sims et al. 2014: 603). Laut des Weltklimarates (IPCC; *Chapter Transport*) könnten aber technische Potenziale der Energieeffizienz und Fahrzeugleistung für eine CO<sub>2</sub>-Reduktion von 30 % bis 50 % bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 2010 sorgen, während städtische Neu- und Umgestaltung der Infrastruktur zusammen mit Landnutzungsänderungen zu einer Minderung zwischen 20 % und 50 % betragen könnten. Begründet wird dies mit kürzeren Wegen sowie verbesserter Fahrrad- und Fußgängerinfrastruktur (vgl. ebd.: 604). Die Minderungsrolle für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Verkehrssektor, die allein die Umgestaltung der Siedlungs- und Infrastruktur spielen kann, wird zwischen 5 % und 30 % angesetzt (vgl. ebd.: 641). Die hohen Spannbreiten der Werte zeigen die große Varianz bezüglich der



Auswahl und Langzeitwirkung der einzelnen Maßnahmen. Außerdem gibt es regionale Unterschiede.

10 % der Weltbevölkerung, von denen der große Teil in den OECD-Ländern lebt, sind für 80 % der motorisierten Personenkilometer verantwortlich (vgl. Sims et al. 2014: 606). Diese enorm uneinheitliche Verteilung bedeutet, dass diese Länder, allein aus dem Verursacherprinzip argumentiert, die ihnen zur Verfügung stehenden Potenziale ausschöpfen müssen, um den fossilen Energieverbrauch massiv zu reduzieren. In **Deutschland** werden daher verschiedene Szenariopfade diskutiert, wie ein nahezu klimaneutraler Verkehr langfristig zu erreichen ist. Hier ist festzustellen, dass Verkehrsverlagerungen vom motorisiertem Individualverkehr (MIV) auf den Umweltverbund (ÖPNV und nicht-motorisierter Individualverkehr) und besonders die Einführung von konsistenten sowie effizienten Techniken (bspw. Elektroautos, Biokraftstoffe, Drei-Liter-Autos) in Langfristszenarien für Deutschland besonders häufig untersucht werden (vgl. bspw. Kirchner et al. 2009: 209 f., BMWi 2010). Verkehrsvermeidung und Verhaltensänderung stehen bislang weniger im Fokus. Dies liegt unter anderem daran, dass eine genaue Quantifizierung des Potenzials der Verkehrsvermeidung als schwierig angesehen wird (vgl. Hennicke 2002: 68, Gertz 1999: 134).

Wie vielfältig die Minderungsambitionen und Maßnahmen im Verkehrssektor auf **kommunaler Ebene** in Deutschland sind, zeigt eine Auswertung der Szenarien, die die 19 Kommunen erstellt haben, die am Programm «Masterplan 100 Prozent Klimaschutz» des BMUB teilnehmen. Es richtet sich an Kommunen, die sich eine Treibhausgas-Reduzierung bis 2050 von 95 Prozent verordnet haben (vgl. BMUB 2015). Es hat sich gezeigt, dass im Verkehrsbereich hauptsächlich auf Biokraftstoffe und eine Förderung des ÖPNV gesetzt wird. Siedlungsstrukturelle und andere Verkehrsvermeidungsstrategien mit langfristiger Wirkung werden wenig in Angriff genommen (vgl. Schmitt et al. 2015).

Insgesamt hat die Auswertung der Literatur ergeben, dass die Nachhaltigkeitsstrategien Vermeiden, Verlagern und Verbessern auf allen Ebenen zentrale Strategien zur Erreichung der Klimaneutralität darstellen. Vermeidungsstrategien werden besonders auf globaler Ebene diskutiert. Je kleinteiliger die Betrachtungsräume sind, desto mehr wird auf technische Effizienzverbesserung, Verlagerung und alternative Antriebstechnologien gesetzt.

### 2.4.3 *Energiesuffizienz und Personenverkehr*

In den Verkehrswissenschaften wird die Diskussion um Suffizienz hauptsächlich unter dem Stichwort Verkehrsvermeidung und -verringerung geführt. Ein Unterschied zwischen Verkehrsvermeidung aus Sicht der Verkehrswissenschaften und der allgemeinen Suffizienzdiskussion über den Verkehr besteht darin, dass das Ziel der Verkehrsvermeidung in der Regel die Vermeidung von Verkehrsaufwand bzw. die Verkürzung der Wegelängen ist. Dabei ist zunächst nicht entscheidend, mit welchem Verkehrsmittel der Weg zurückgelegt wird. Der Umstieg zwischen den Verkehrsmitteln

wird unter dem Aspekt der Verlagerung bzw. Modal Shift diskutiert (vgl. F. Huber 2012: 497 f., Bläser/Schmidt 2012: 510, Reutter 2011: 14, 16, Holz-Rau 1995: 1). Aus Suffizienzperspektive wird in der Fachliteratur oft von Verringerung der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln gesprochen (vgl. Cacilo 2013, Schneidewind/Zahrnt 2013: 102, Druckmann et al. 2011). Vielfach wird zudem der Umstieg auf den öffentlichen Personenverkehr als suffizientes Verhalten bezeichnet (vgl. Kopatz 2016, Linz 2015, Korte 2015).

Auch in den Experteninterviews im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Frage der Abgrenzung diskutiert. Obwohl es hier unterschiedliche Meinungen gab, sprachen sich viele Befragte dafür aus, für die Untersuchung von Energiesuffizienz im Verkehr aufgrund der Frage nach der CO<sub>2</sub>-Einsparung und der positiven Nebeneffekte des nicht-motorisierten Verkehrs (Gesundheit, Freizeit) nur auf die Vermeidung von motorisierten Verkehrsmitteln zu beschränken.

Viele Studien zielen auf Überlegungen zur Suffizienzdefinition im Verkehrsbe-  
reich, generelle Umsetzungschancen und -hemmnisse und die Beschreibung einzelner  
Strategien ab. In letzter Zeit stehen besonders die Analyse individueller Mobilitätsein-  
stellungen und das suffiziente Verhalten im Verkehr von befragten Personen im Zent-  
rum.

PFAHL (vgl. 2002: 171 ff., 280 ff.) geht bei seiner Analyse verschiedener Instru-  
mente zur Umsetzung suffizienten Verhaltens auf den Bereich Verkehr ein, wobei er in  
seinen Szenarien bis zum Jahr 2050 ausschließlich die Bundesebene betrachtet. Er  
kommt zu dem Ergebnis, dass durch die Maßnahmen Tempolimit, Verstetigung der  
Fahrweise und *car sharing* eine Verminderung des Energieverbrauchs um 20 % erzielt  
werden kann. Durch Verlagerung zum Umweltverbund von Stadtfahrten, Inlandsflügen  
und im Berufsverkehr sowie die Vermeidung von Urlaubsreisen kommt er sogar zu ei-  
nem Emissionsverminderungspotenzial von ca. 50 % verglichen mit dem BAU-  
Szenario 2050 (vgl. ebd.: 282 f.).

LINZ (vgl. 2012: 125 f.) stellt in seinen Überlegungen zur Mobilität und Suffizienz  
den Gerechtigkeitsaspekt Suffizienz orientierter Mobilitätskonzepte in den Mittelpunkt.  
Außerdem zweifelt er an, dass Technikalternativen und -verbesserungen in der nötigen  
Schnelle des Umstiegs in ausreichender sowie sozial und ökologisch vertretbarer Men-  
ge zur Verfügung stehen. Ohne entscheidendes Handeln wird es gerade im Verkehrsbe-  
reich langfristig zu einem Anstieg der Preise aufgrund von Ölknappheit kommen, was  
zu einer Verteuerung von motorisiertem Verkehr führt. Um dennoch Verkehr gerecht,  
gesellschaftlich akzeptabel und politisch durchsetzbar gestalten zu können, sind nach  
LINZ Meinung Suffizienz orientierte Mobilitätskonzepte entscheidend, die die Men-  
schen unabhängig von motorisierten Verkehrsmitteln machen.

SCHNEIDEWIND/ZAHRNT (vgl. 2013: 89 ff.) umreißen Grundzüge einer Gestal-  
tung Suffizienz fördernder Politik im Verkehrsbereich, wobei sie sowohl auf einzelne  
Maßnahmen verweisen als auch Ansatzpunkte der Umorientierung ansprechen. CACI-  
LO (vgl. 2013: 71) untersucht die Bedeutung von *car sharing* für die Umsetzung von

Suffizienz im Verkehrssektor. Eine optimale Kombination bestimmter Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen im Mobilitätssektor wird von MAUCH/NORTH/PULLI (vgl. 2001) erforscht, wobei sie hervorheben, dass beide Strategien sich gegenseitig positiv verstärken und nicht komplementär zu verstehen sind.

KOPATZ (vgl. 2016), KORTE (vgl. 2015) und SCHMITT et al. (vgl. 2015) befassen sich mit Suffizienz auf kommunaler Ebene. Alle stellen den Verkehr als wichtiges Feld der Suffizienzförderung heraus und zählen Maßnahmen auf, die Suffizienz ermöglichen. KOPATZ (vgl. 2016: 24 ff.) legt in seiner Studie einen Schwerpunkt auf die Beschreibung einzelner Suffizienz fördernde Maßnahmen im Verkehrsbereich. Außerdem geht er auf theoretische Suffizienzpotenziale ein. KORTE (vgl. 2016: 21 ff.) beschreibt ebenfalls allgemeine Ansätze und zudem vier Praxisbeispiele für nachhaltige Mobilität durch Suffizienz. SCHMITT et al. (vgl. 2015) analysieren die Konzepte der 19 vom BMUB geförderten Masterplan-Kommunen (Förderperiode 2012-2014) im Hinblick auf die Einbindung von Suffizienzstrategien. Aus ihrer Sicht sind Suffizienzmaßnahmen im Handlungsfeld Mobilität im Vergleich zu anderen Handlungsfeldern wie Bauen und Wohnen oder Konsum stark verankert. Sie begründen dies mit der seit Jahrzehnten geführten Förderung von Verlagerungs- und Vermeidungsmaßnahmen im Verkehrsbereich. In den Szenarien findet Suffizienz bislang in der großen Mehrheit der Kommunen jedoch noch keine Beachtung (vgl. ebd.: 23 f.). Insgesamt wird deutlich, dass aus kommunaler Sicht eine Forschungslücke in einer umfassenden Akteursanalyse besteht. Außerdem steht die Einbeziehung der Akteurssicht auf das Thema Förderung von Suffizienz im Verkehr aus. Darüber hinaus gibt es keine Abschätzung der langfristigen Wirkung der aufgezählten lokalen Maßnahmen auf die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung in Form von Szenarien.

BUHL (vgl. 2016), SPECK (vgl. 2016) und LENG et al. (vgl. 2016) haben Suffizienz orientierte Personen zu ihrer individuelle Einstellung, ihren Motiven und zu ihrem tatsächlichen, suffizienten Verhalten im Bereich Verkehr befragt. Sie alle zeigen, dass suffizientes Verhalten im Verkehrsbereich schon heute möglich ist, ohne dass dies als Verlust oder Verzicht empfunden wird. LENG et al. (vgl. 2016: 26) definieren einen suffizienten Lebensstil für Individuen im Bereich Verkehr anhand folgender, zentraler Kriterien:

- a) Maximal 10.000 km pro Jahre mit dem Auto (Selbstfahrer und Mitfahrer)
- b) Maximal eine Flugreise pro Jahr

Beide Kriterien müssen erfüllt sein, damit aus ihrer Sicht das Verkehrsverhalten als suffizient bezeichnet werden kann. Dabei ist zu beachten, dass es für den absoluten Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen ein entscheidendes Kriterium ist, welche Entfernung mit dem Flugzeug zurückgelegt wird. Offen bleibt in den Forschungsprojekten, die die individuelle Perspektive in den Vordergrund stellen, wie groß der Anteil der Personen in der Gesellschaft ist, die sich schon heute energiesuffizient im Ver-

kehrsbereich verhalten. Handelt es sich dabei um eine Randgruppe? Können aus den Erkenntnissen Rückschlüsse für das durchschnittliche Verkehrsverhalten der Bewohner einer Stadt getroffen werden bzw. besteht Potenzial, das Verhalten auf weite Bevölkerungsteile zu übertragen? Ebenfalls unbeachtet bleibt in den Forschungsprojekten die Bedeutung der raumstrukturellen Voraussetzungen für energiesuffizientes Verhalten. Welche Bedeutung haben Kriterien wie Lage, Mischung und Dichte der Wohnstandorte zur Umsetzung energiesuffizienten Verhaltens?

Es fällt auf, dass die Arbeiten zu Suffizienz und ihren Durchsetzungschancen zu Beginn des neuen Jahrtausends wesentlich kritischer gestimmt sind als 10 bis 15 Jahre später. Während bei der ersten Gruppe bezweifelt wird, dass die Gesellschaft offen für Suffizienzorientierung im Verkehrsverhalten ist, sehen in letzter Zeit Autoren Ansätze für ein Umdenken bei der Bevölkerung, was auch die Umsetzungschancen weitreichender Politikmaßnahmen erhöht. Insgesamt ist festzustellen, dass der Verkehrssektor vermehrt in das Interesse der Suffizienzforschung rückt. Vereinzelt steht die Auflistung kommunaler Handlungsstrategien im Fokus. Bislang fehlt hier aber eine akteursorientierte Sichtweise. Vielmehr werden Strategien und Maßnahmen zusammengetragen und einzelne bereits in der Umsetzung befindliche Projekte beschrieben. Eine Wirkungsanalyse dieser Projekte steht, genauso wie die Abschätzung der zukünftigen Wirkungspotenziale, noch aus. In der Verkehrsforschung gibt es zahlreiche Arbeiten, die sich mit Aspekten der Suffizienzförderung befassen, jedoch ohne den Begriff explizit zu nennen und als handlungsleitende Strategie zu definieren.

#### *2.4.4 Beeinflussung der Verkehrsnachfrage*

Da es sich bei energiesuffizientem Verhalten im Verkehrssektor nicht um eine technisch verbesserte Abwicklung des konstanten oder steigenden Verkehrsgeschehens handelt, sondern um eine Senkung des Verkehrsaufwandes mit motorisierten Verkehrsmitteln, wird im Folgenden Literatur ausgewertet, die sich mit der Beeinflussung der Verkehrsnachfrage befasst.

In den raumrelevanten Disziplinen lässt sich eine Grundsatzdiskussion zur Erklärung der Entstehung des Verkehrsgeschehens ausmachen. Eine Seite argumentiert, dass raumbedeutsame Entscheidungen sehr individuell geprägt sind und sich an Lebensstilfragen sowie soziodemographischen Faktoren ausrichten (vgl. Frehn/Holz-Rau 1999: 13, Hammer/Scheiner 2006). Die andere Seite sieht den Hauptgrund für das Verkehrsgeschehen in der Raumstruktur und der Gestaltung der Verkehrserreichbarkeit (vgl. Gutsche et al. 2006: 21).

Die Befürworter des hauptsächlich individuell geprägten Verkehrsverhaltens sehen ihre Ansicht dadurch untermauert, dass Suburbanisierung, Großstrukturen im Freizeit- und Handelssektor und entfernungsintensive Lebensstile die Entwicklung mit bestimmen (vgl. Brunsing/Frehn 1999: 7, Frehn/Holz-Rau 1999: 12). Zudem führten gesunkene Raumüberwindungskosten bzw. eine erhöhte Raumdurchlässigkeit durch den

Ausbau der Infrastruktur, technische Verbesserungen und Preissenkung zur Steigerung der Verkehrsnachfrage in den letzten Jahren (vgl. Hammer/Scheiner 2006: 22).

Einen wichtigen Faktor für die Veränderung der Verkehrsnachfrage in den letzten Jahren sehen HAMMER/SCHEINER (vgl. ebd.: 21) im Wandel von Zeitordnungen. Dazu zählen Ausdehnung von Aktivitätszeiten, zeitliche Flexibilisierung von Aktivitäten sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (I&K). Unsicherheit besteht bislang, ob I&K-Technologien physischen Verkehr vermeiden (Substitutionsthese) oder durch Intensivierung der Kontakte und Vergrößerung der Kontaktradien neu induzieren (Induktionsthese).

Die Befürworter der Raum- und Siedlungsstruktur als Ursache von Verkehrsnachfrage argumentieren, dass die bauliche Struktur die Rahmenbedingungen für nahezu alle kurz- bis mittelfristigen verkehrsrelevanten Entscheidungen setzt (vgl. Bauer et al. 2006: 67, Kemming/Bosbach 1999: 22). Dabei sehen sie vor allem zwei Spielräume bei der Raumstruktur: 1.) die Gestaltung der baulichen Struktur 2.) Instrumente zur Ausnutzung der bestehenden Strukturen (z.B. Mobilitätsmanagement) (vgl. Reutter 2011: 16, Gutsche et al. 2006: 21).

Empirische Studien haben gezeigt, dass Wohnstandortwahl, Raumstruktur und Alltagsmobilität eng miteinander verbunden sind. Bewohner dichter, kompakter und nutzungsdurchmischter Quartiere sind auf relativ kurzen Wegen und öfter mit dem ÖPNV sowie den nicht-motorisierten Verkehrsmitteln unterwegs. Dabei bleibt unklar, ob das Verkehrsverhalten von den Strukturen abhängt oder Ausdruck individueller Wohnstandortentscheidungen ist (vgl. Hammer/Scheiner 2006: 24). Dass eine kompakte und durchmischte Raumstruktur zur Verkehrsreduzierung beiträgt, haben zahlreiche Studien weltweit festgestellt (vgl. z.B. Lee/Lee 2014, Cao et al. 2009, Bühler/Kunert 2008). Es ist festzuhalten, dass eine verkehrssparsame Raumstruktur noch keine nachhaltige Nutzung der Struktur garantiert. Auch innerhalb einer kompakten, durchmischten Raumstruktur können sich die Verkehrsteilnehmer verkehrsaufwändig verhalten. Die Raum- und Siedlungsstruktur stellt vielmehr ein Angebot dar. BAUER et al. (vgl. 2006: 67) machen deutlich, dass Strategien zur Beeinflussung verkehrsrelevanter Entscheidungen auf zwei Säulen beruhen:

- a) Ermöglichung einer verkehrssparenden Siedlungsstruktur
- b) Anregung für das Nutzen der so geschaffenen Alltagsoptionen

Dabei bilden Informations- und Beratungsangebote eine Scharnierfunktion zwischen baulich orientierten, raumstrukturellen Strategien (festgehalten in raumstrukturellen Leitbildern) und den verkehrsrelevanten Entscheidungen der Akteure. Die beiden Bereiche Raumstruktur und Organisation hängen eng miteinander zusammen und verstärken sich gegenseitig.

Zu den Wechselwirkungen von Wohnen und Alltagsmobilität gibt es verschiedene Studien, die übereinstimmend belegen, dass eine starke Identifikation mit dem Raum

sowie eine hohe Standortzufriedenheit sich dadurch äußern dass die zurückgelegte Entfernung für Teilpflcht- und Freizeitaktivitäten unterdurchschnittlich sind. Zudem werden freiraumbezogene Aktivitäten überdurchschnittlich häufig im eigenen Quartier realisiert. Dabei wird auch deutlich, dass Qualität und Quantität der Nutzungsoptionen im Nahraum die Standortzufriedenheit beeinflussen (vgl. Cao et al. 2009: 362 ff., Hesse/Trostorff 2006: 203, Beckmann/Witte 2006: 220). Somit kann der Wohnstandort als Drehscheibe für das Verkehrsverhalten definiert werden.

Der Umgang mit Schrumpfung im Sinne von Bevölkerung und Infrastrukturen tritt vermehrt in das Interesse der Verkehrsforschung. MENZE (vgl. 2006: 42 f.) verweist auf die Aufgabe der zukunftsfähigen Planung, das Unterschreiten von Dichtewerten, was zum Zusammenbruch funktionsfähiger Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturen führen würde, zu verhindern. Dabei betont er die Hebelwirkung, die Standortentscheidungen dabei spielen, da die Verkehrsnachfrage durch mittel- und längerfristige Entscheidungen mit Raumbedeutung bei Haushalten vorstrukturiert wird. Das Potenzial an Standortveränderungen ist durch Schrumpfung kaum eingeschränkt und Schrumpfungselemente sprechen nicht gegen einen nachdenklichen Umgang mit motorisiertem Verkehr (vgl. Bauer et al. 2006: 63). KUTTER (vgl. 2006: 62) sieht daher die Notwendigkeit, aufgrund der heutigen Entwicklungen den Ansatz der Nachfragebeeinflussung um verkehrsvermeidende Formen des Rückbaus und der organisatorischen Anpassung innerhalb schrumpfender Strukturen zu erweitern.

Strategien zur Beeinflussung der Verkehrsnachfrage haben neben dem Verkehrs- und CO<sub>2</sub>-Vermeidungseffekt weitere Vorteile (*co-benefits*), auf die nach Ansicht des Weltklimarates (IPCC; *Chapter Buildings*) stärker aufmerksam gemacht werden sollte (vgl. Sims et al. 2014: 630). Eine Reduzierung der Nachfrage nach energieintensiven Verkehrsmitteln fördert einen sozial- und stadtverträglicheren Verkehr. Dieser zeichnet sich aus durch eine Gleichberechtigung aller Verkehrsarten und Abwendung von der autoorientierten Planung. Außerdem führt er zur Schaffung gleicher Mobilitätschancen für alle, einer Verringerung von Gefährdung und Beeinträchtigung durch Lärm und Luftverschmutzung sowie zur Schaffung und dem Erhalt von Grünflächen und Freiraumplätzen zur Herstellung von Raum für städtisches Leben (vgl. Zimmermann 1999: 39 f.). SCHUBERT (vgl. 2009: 813) geht davon aus, dass aufgrund steigender Verkehrskosten künftig mehr Menschen aus finanziellen Gründen vom MIV ausgeschlossen werden, wodurch ihre Teilhabechancen sinken. Zu dieser Gruppe zählen tendenziell vermehrt Alleinerziehende, Singlehaushalte sowie ältere Menschen. HOLZ-RAU (2009: 797) fasst die Dringlichkeit eines Wandels im Verkehrssektor zusammen: «Je länger räumliche und wirtschaftliche Strukturen sowie individuelle Entscheidungen und Handlungsmuster von hoher Raumdurchlässigkeit ausgehen, um so krisenhafter wird die Entwicklung, wenn diese Raumdurchlässigkeit nicht mehr aufrecht erhalten werden kann (*Peak Oil*) oder darf (Klimawandel).»

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Verkehrsnachfrage, ausgedrückt durch das Mobilitätsverhalten als abhängige Variable durch eine Vielzahl von Einfluss-

faktoren (unabhängige Variable) bestimmt wird, die wiederum interagieren (können) (vgl. Hunecke/Schweer 2006: 148). Zu den zentralen Einflussfaktoren zählen:

- Gesellschaftliche und ökonomische Rahmenbedingungen
- Individuelle Lebenssituation
- Individuelle Einstellung und Orientierung
- Siedlungsstrukturen (Lage, Mischung, Dichte) und Verkehrsangebote

## 2.5 Das Themenfeld Bauen und Wohnen

Mit diesem Unterkapitel wird das Ziel verfolgt, den Forschungsstand im Themenfeld Bauen und Wohnen hinsichtlich der Teilbereiche aufzuarbeiten, die für die weitere Bearbeitung des Themas relevant sind. Die Binnenstruktur des Unterkapitels ist identisch mit der Aufbereitung des Themenfeldes Mobilität und Verkehr. Zunächst werden in Abschnitt 2.5.1 ausgewählte Daten und Fakten für Deutschland dargestellt. Dann wird in Abschnitt 2.5.2 die Verbindung zwischen dem Gebäudesektor und dem Thema Klimaneutralität in Langzeitszenarien näher betrachtet. Anschließend erfolgt in Abschnitt 2.5.3 die Aufbereitung des Wissensstandes zum Themenkomplex Suffizienz und Raumwärme. Zum Ende des Unterkapitels steht in Abschnitt 2.5.4 wiederum die Beeinflussung der Nachfrageseite, in diesem Fall von Raumwärme, im Zentrum.

Auch das Themenfeld Bauen und Wohnen spricht ein Grundbedürfnis der Menschen an. Eine Unterkunft/Wohnung zählt zu den elementaren Zielen im Grundbedürfnisbereich «Sicherheit/Schutz» (*The safety needs*) (vgl. Maslow 1943: 377). Daher kann es bei dessen Betrachtung nicht darum gehen, Wohnraum generell in Frage zu stellen, sondern es werden Rahmenbedingungen und Entwicklungen der energieintensiven Handlungsfelder in diesem Bereich betrachtet und hinterfragt.

Ein Teilgebiet, das sowohl beim Bauen (Neubau, Umbau, Rückbau) als auch beim Wohnen den Energieverbrauch und dadurch bedingt die CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt, ist der Bereich Raumwärme bzw. warmer Wohnraum. Dabei ist der Energieverbrauch zu Raumwärmezzwecken stark vom technischen Energieinfrastruktursystem abhängig. Raumrelevant ist besonders die Unterteilung in zentrale netzgebundene Systeme wie Gas, Strom und Fernwärme sowie in dezentrale Systeme wie Öl, Pelletheizungen, Solarthermie und Erdwärme.

In Statistiken wird der Energieverbrauch im Bereich Wohnen zum Sektor «Haushalte» gezählt. Die Energie, die im Bereich Bauen benötigt wird, fällt der Industrie zu. Auch wenn im Folgenden die Bautätigkeit als wichtige Angebotsgröße im Themenfeld mit betrachtet wird, wird der dafür aufgewendete Energiebedarf nicht näher untersucht. Dies liegt zum einen an der schwierigen Datenlage für den Untersuchungsraum Vohwinkel, zum anderen an der Eingrenzung des Betrachtungsfeldes auf das Verhalten der privaten Haushalte (im Alltag). Die Bautätigkeit und die daraus resultierende Gebäude- und Bebauungsstruktur bestimmen das Angebot an Wohnraum und sind daher eine wichtige Stellschraube im Bereich Raumwärme.

### 2.5.1 Bauen und Wohnen: ausgewählte Daten und Fakten für Deutschland

Haushalte sind für 26 % des Energieverbrauchs verantwortlich und liegen damit im Jahr 2014 an dritter Stelle hinter dem Verkehr und der Industrie. Im Gegensatz zum Verkehrssektor hat der absolute Energieverbrauch der Haushalte vom Jahr 1990 (662 TWh) bis zum Jahr 2014 (615 TWh) leicht abgenommen (siehe Abbildung 7). Unter dem Energieverbrauch der Haushalte werden die Anwendungsbereiche Raumwärme, Warmwasser, Strom (Beleuchtung etc.), Prozesswärme (Kochen) und Raumkühlung zusammengefasst.

Laut des DENA-Gebäudereports (vgl. 2014) verbrauchen Wohngebäude 58 % und Nichtwohngebäude 42 % der Primärenergie im Gebäudebereich. Dabei macht bei Wohngebäuden der Energieanwendungsbereich «Raumwärme» den weitaus größten Teil (73 %) des Primärenergieverbrauchs aus (vgl. Abbildung 11). Zum Bereich Gebäudeenergie zählen darüber hinaus nur noch die Anwendungen Warmwasser (22 %), Beleuchtung (5 %) und Kühlung von Gebäuden. Letztere hat bei Wohngebäuden (noch) keinen nennenswerten Verbrauch.

**Abbildung 11: Prozentuale Anteile der einzelnen Anwendungsbereiche am Primärenergieverbrauch von Wohngebäuden im Jahr 2013**



Quelle: eigene Darstellung; Datenquelle: Dena 2014: 22

Tabelle 3 fasst überblicksartig wichtige Kennzahlen zur Struktur und dem Energieverbrauch der Wohngebäude zusammen. Es wird deutlich, dass Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) mit 83 % einen großen Anteil an Wohngebäuden ausmachen. Obwohl sie nur 59 % der Wohnfläche stellen, haben sie einen Anteil von 63 % am Endenergieverbrauch im Segment Wärmenachfrage in Wohngebäuden.

Bezogen auf den Energieverbrauch je m<sup>2</sup> sind Mehrfamilienhäuser (MFH) effizienter einzuschätzen als EZFH. 50 % der selbst nutzenden Eigentümer von EZFH, die vor 1990 gebaut wurden, sind älter als 60 Jahre. Dies lässt tendenziell auf ein hohes Beharrungsvermögen dieser Gruppen in EZFH schließen. Das EZFH entspricht auch heute noch den Wohnvorstellungen weiter Teile der Bevölkerung (vgl. Krause/Piller 2014).

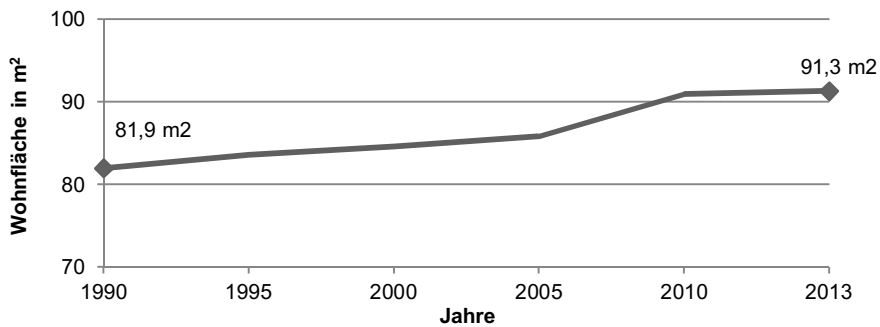
Abbildung 12 zeigt, dass die durchschnittliche Wohnfläche der Wohneinheiten im Zeitverlauf stetig zugenommen hat. Während die Größe 1990 noch 81,9 m<sup>2</sup> betrug, stieg sie bis zum Jahr 2013 um knapp 10 m<sup>2</sup> auf 91,3 m<sup>2</sup> an. Das liegt zum einen an der Zunahme der Quadratmeter bei Neubauten und zum anderen an der Zusammenlegung von kleinen Wohnungen.



**Tabelle 3: Struktur und Energieverbrauch von Wohngebäuden in Deutschland**

	Kategorie	Anzahl/Anteil
Gebäudebestand im Jahr 2014	Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH)	83 % aller Wohngebäude sind EZFH
		47 % aller WE befinden sich in EZFH
		59 % der Gesamtwohnfläche umfassen die EZFH
Anteil am Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in Wohngebäuden im Jahr 2013	EZFH	ca. 63 %
	MFH	ca. 37 %
Selbst nutzende Eigentümer in EZFH	Baujahr bis 1990	50 % der Eigentümer sind über 60 Jahre alt.
Anteil privater Haushalte am Endenergieverbrauch	Endenergieverbrauch für Raumwärme & Warmwasser	ca. 25 % der gesamten Endenergie Deutschlands

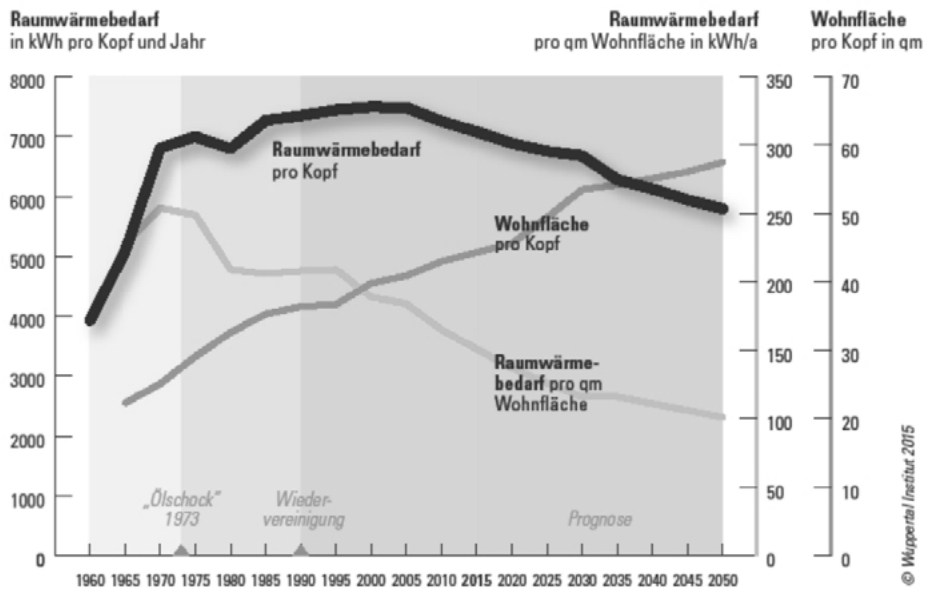
Quelle: eigene Darstellung nach Daten der Dena (2014)

**Abbildung 12: Entwicklung der durchschnittlichen Wohnfläche pro WE von 1990 bis 2013**

Quelle: eigene Darstellung nach Daten des Statistischen Bundesamtes 2014 (Daten ab 2010 Gebäude- und Wohnungszählung 2011)

In Abbildung 13 ist zu sehen, dass der Raumwärmebedarf in kWh pro Kopf und Jahr in den 1960er-Jahren sehr stark angestiegen ist. Seither pendelt er um 7.000 kWh. Zwei gegenläufige Trends sind für den insgesamt nur leicht verminderten Energiebedarf seit dem Jahr 2005 verantwortlich.

Zum einen ist der Raumwärmebedarf pro m<sup>2</sup> Wohnfläche durch Wärmedämmung und den Einbau effizienterer Heiztechnik stetig gesunken. Zum anderen hat die Wohnfläche pro Kopf stark zugenommen. Während im Jahr 1960 die Wohnfläche noch bei 20 m<sup>2</sup> pro Kopf lag, ist sie auf den heutigen Stand von ca. 48 m<sup>2</sup> angewachsen. Prognosen gehen von weiterhin steigender Trendentwicklung aus.

**Abbildung 13: Raumwärmebedarf und Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf**

Quelle: Venjakob/Hanke (2006): 3 (aktualisiert in 2015)

Die Gründe, warum die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf in der Vergangenheit zugenommen hat, sind vielfältig und verstärken bzw. bedingen sich zum Teil gegenseitig. In der Literatur werden genannt (vgl. Bierwirth/Thomas 2015, Lucon et al. 2014):

- Anstieg der durchschnittlichen Haushaltseinkommen
- Anstieg der durchschnittlichen Wohnungs- und Hausgrößen
- Abnahme der durchschnittlichen Haushaltsgrößen
- Änderung der Wohnwünsche (z.B. jedes Kind soll ein eigenes Kinderzimmer zur Verfügung haben, Wunsch nach (freistehendem) Einfamilienhaus)
- Anstieg der Wohneigentumsquote (Wohneigentum-Besitzer wohnen tendenziell in größeren Wohneinheiten)
- Hohe Persistenz von Paaren oder Einzelpersonen in Wohnungen und Häusern, wenn die Haushaltsgröße sich verkleinert (Auszug der Kinder, Scheidung, Tod eines Partners)
- Anstieg der Einpersonenhaushalte (in Mehrpersonenhaushalten werden Flur, Bad und Küche etc. geteilt, daher bewohnen Einzelpersonen durchschnittlich mehr Fläche pro Kopf als Personen in Mehrpersonenhaushalten)

Abschließend wird die Entwicklung der Energiekosten für einen durchschnittlichen privaten Haushalt pro Jahr diskutiert. Bei einem Vergleich der Daten aus dem Jahr 1996 und 2013 zeigt sich, dass allein für den Bereich Raumwärme und Warmwasser im Jahr 2013 mit 1.200 Euro mehr Geld ausgegeben wurde als im Jahr 1996 für den gesamten häuslich bedingten Bereich (1.000 Euro) (ohne Verkehr) (vgl. BMWi 2015b). Insgesamt sind die finanziellen Belastungen für die Energienachfrage um mehr als die Hälfte in diesem Zeitraum gestiegen. Dafür lassen sich unterschiedliche Gründe ausmachen. Die Nachfrage nach diesen energieintensiven Gütern ist durch Zuwachs des beheizten Wohnraums, Ausweitung des Verkehrsaufwandes mit motorisierten Verkehrsmitteln und Zunahme im Umfang und Nutzung technischer Geräte angestiegen. Hinzu kommt, dass die Energiepreise sowohl für Wärme (Gas und Heizöl) und Kraftstoffe, als auch besonders für Strom in den vergangenen Jahren angestiegen sind (vgl. Energieagentur.NRW 2015). Während das durchschnittliche Nettohaushaltseinkommen von 1996 bis 2013 um 28 % gestiegen ist, haben die Aufwendungen für Energie insgesamt um gut 40 % zugenommen (vgl. Statista 2015b, BMWi 2015b).

### 2.5.2 Der Gebäudesektor und Klimaneutralität in Langzeitszenarien

Auf allen räumlichen Ebenen spielt der Gebäudesektor eine wichtige Rolle in Bezug auf die langfristige Entwicklung hin zur Klimaneutralität. Der Weltklimarat (IPCC) widmet im fünften *Assessment Report* dem Gebäudesektor ein eigenes Kapitel, in dem er die Fachliteratur zu vergangenen und zukünftigen Entwicklungen auf **globaler Ebene** analysiert (vgl. Lucon et al. 2014). Ohne geeignete Maßnahmen würde der Endenergieverbrauch im Gebäudesektor bis zum Jahr 2050 auf das Doppelte bis Dreifache steigen. Im Jahr 2010 verbrauchten Gebäude weltweit 32 % der Endenergie und waren für 19 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich (vgl. ebd.: 678). Zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden im IPCC-Bericht vier Strategien diskutiert, deren Zusammenwirken in folgender Formel zusammengefasst wird (vgl. ebd.: 677):

$$\text{CO}_2 \text{ Minderung} \approx C_{\text{Eff}} + T_{\text{Eff}} + SI_{\text{Eff}} + DR$$

Dabei steht  $C_{\text{Eff}}$  für *Carbon efficiency*. Hierunter werden zusammengefasst: Energieträgerwechsel zu Energieträgern mit geringem CO<sub>2</sub>-Gehalt, Nutzung erneuerbarer Energien und andere Dekarbonisierungsmaßnahmen auf der Angebotsseite.  $T_{\text{Eff}}$  bedeutet *technological efficiency*. Sie beziehen sich auf Effizienzverbesserungen individueller Energieverbrauchsgeräte.  $SI_{\text{Eff}}$  steht für *systemic/infrastructural efficiency* und umfasst alle Effizienzverbesserungen aufgrund von systemischen oder infrastrukturellen Maßnahmen. DR bedeutet *demand reduction* und bezieht sich auf alle Maßnahmen der Nachfragereduktion jenseits von Effizienz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen wie beispielsweise die Veränderung der Größe der Nutzfläche/Wohnfläche. Explizit weist der Report auf die Anwendung des Suffizienzkonzeptes als Minderungsstrategie in industriell weit entwickelten Ländern hin: »Besides technological improvement in energy

efficiency, which has been so far the main focus of most policies, policymakers have recently focused on the need to change consumer behaviour and lifestyle, based on the concept of sufficiency.” (ebd.: 715)

In verschiedenen Szenariostudien wird das Potenzial zur Einsparung von THG durch alle Arten von Minderungsmaßnahmen bis Mitte des Jahrhunderts auf 50 % bis 90 % im Bereich von Neubauten und 50 % bis 75 % bei bereits existierenden Gebäuden beziffert (vgl. GEA Council 2012: 12 ff., Lucon et al. 2014: 686). Sektorale Szenarien, die sich allein auf die Gebäude beziehen, sehen die Energieeffizienz als erfolgversprechendste Strategie an (vgl. Lucon et al. 2014: 710 ff.). In den Szenarien des *GEA Council* (vgl. 2012: 53) wird besonders auf die *Lock-in*-Situation im Gebäudebereich hingewiesen. Das bedeutet, dass einmal getroffene Entscheidungen über Heiztechnik, Wärmedämmung oder langlebige Geräte den Energieverbrauch der Gebäude für mehrere Jahre bis Jahrzehnte bestimmen. Unzureichende Informationen über den neuesten Stand der Technik sowie hohe Investitionskosten können dazu führen, dass das theoretische Potenzial der Minderungsstrategien nicht ausgeschöpft wird.

Auf **nationaler Ebene** strebt die deutsche Bundesregierung einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050 an (vgl. Bundesregierung 2015b). Szenarien zeigen, dass dieses Ziel bei einem starken Anstieg der CO<sub>2</sub>-Minderungsaktivitäten (Erhöhung der Sanierungsrate und Sanierungstiefe sowie ein massiver Anstieg der Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Wärme- und Strombereitstellung) erreicht werden könnte (vgl. z.B. Kirchner et al. 2009: 173 ff., Schlesinger et al. 2014: 258 ff.). Im Innovationsszenario der Studie «Modell Deutschland-Klimaschutz bis 2050» wird ein Rückgang der Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich privater Haushalte von 97 % gegenüber dem Jahr 2005 modelliert (vgl. Kirchner et al. 2009: 373). Suffizienzmaßnahmen werden nicht als Strategie diskutiert. Dass die Annahmen über Größenordnungen der Minderungsmaßnahmen und ihrer Effekte sehr ambitioniert und nicht mit den aktuellen politischen Programmen zu erreichen sind, zeigt die Szenariostudie von NITSCH (vgl. 2014). Er stellt Szenarien für die deutsche Energieversorgung auf Basis der EEG-Novelle 2014 auf und untersucht insbesondere die Auswirkungen auf den Wärmesektor. Daraus wird deutlich, dass das ohnehin geringe Wachstum des Erneuerbare-Energien-Wärmemarktes durch die neuen Vorgaben und Zielkorridore im EEG gedämpft wird. Bis zum Jahr 2030 würde der Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmesektor an der gesamten Wärmeversorgung von rund 10 % (2013) auf nur knapp 12 % steigen (vgl. ebd.: 3).

Auf **Ebene von Städten** und Gemeinden wurden im deutschsprachigen Raum vereinzelt Langzeitszenarien über die nächsten 30 bis 40 Jahre mit Einblicken in den Gebäudesektor entwickelt (bspw. *Sustainable Urban Infrastructure*: Ausgabe München - Wege in eine CO<sub>2</sub>-freie Zukunft von Siemens 2009, *Low Carbon City Wuppertal 2050* von Reutter et al. 2012, Konzept Energieversorgung 2050: Szenarien für eine 2000-Watt compatible Wärmeversorgung der Stadt Zürich 2014). Im Zentrum stehen auch hier Effizienzmaßnahmen bezüglich der Gebäudesanierung und Haushaltsgeräte sowie

der Einsatz erneuerbarer Energien. Suffizienzstrategien und ihre Potenziale werden auf lange Sicht ebenfalls angesprochen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass auch die Auswertung der Literatur zum Thema langfristige Emissionsminderung im Gebäudebereich ergeben hat, dass Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Energiesuffizienz auf allen Ebenen die zentralen Strategien für die Klimaneutralität darstellen. Es fällt weiter auf, dass die Suffizienzstrategien in Szenarien auf globaler Ebene explizit mit Blick auf die industrialisierten Staaten diskutiert werden. Doch auch auf städtischer Ebene wird Nachfragereduktion nach Energiedienstleistungen durch Verhaltensänderung zum Teil Beachtung geschenkt.

### 2.5.3 *Energiesuffizienz und Raumwärme*

Aufgrund des hohen Anteils der Raumwärme am Energieverbrauch der Wohngebäude wird im Folgenden ein Schwerpunkt auf das Thema Raumwärme gelegt. Zudem hat die Raumwärmenachfrage über die bewohnten und beheizten Quadratmeter Einfluss auf die Siedlungsstruktur, woraus sich Überschneidungen zum Verkehr ergeben. Elektrizität, Prozesswärme und Warmwasser sind zu großen Teilen von räumlichen Gegebenheiten unabhängig.

In den vergangenen Jahren ist eine Vielzahl von Studien erschienen, die sich auf unterschiedlichen Untersuchungsebenen mit dem Themengebiet Energiesuffizienz im Raumwärmebereich befassen. So nennt der Weltklimarat (IPCC) in seinem Unterkapitel «*Buildings*» (vgl. Lucon et al. 2014) Suffizienz explizit als Strategie zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Aus dem Bereich **Raumtemperatur** erwähnt er Verhaltensänderungen in Bezug auf die Temperatureinstellung bei Klima- und Heizungsanlagen. Demnach kann durch Verhaltensänderung bzw. Nachfragereduktion nach Energiedienstleistung im Bereich Heizung 10 % bis 30 % der Endenergie im Vergleich zu einem BAU-Szenario eingespart werden (vgl. ebd.: 687). Ebenfalls im Bereich Raumtemperatur schätzt PFAHL (vgl. 2002: 274 f.) das Potenzial zur Senkung der Energienachfrage auf 27 %, das durch eine Reduzierung der Raumtemperatur von 20° C auf 18° C erzielt werden kann, verglichen mit dem Wert in einem reinen Energieeffizienzscenario im Jahr 2050.

Der Energiekonzern SHELL (2011: 5, 8) kommt in seiner Hauswärmestudie zu dem Ergebnis, dass je besser der Effizienzstandard eines Gebäudes ist, umso größer wird der Nutzereinfluss, zum Beispiel durch die Bestimmung von Raumtemperatur, Heizzeiten und Lüftung. In verschiedenen empirischen Studien wurde nachgewiesen, dass in den allermeisten Fällen nach einer Sanierung von Bestandsbauten und bei Neubauten im Passivhaus-Standard die tatsächlichen Verbrauchswerte für Heizenergie aufgrund von Verhaltensänderungen der Bewohner (Rebound-Effekt zwischen 20 % und 30 %) über den zuvor errechneten Bedarfswerten liegen (vgl. Cali et al. 2013, Sunikka-Blank/Galvin 2012, ILS 2010, Haas/Biermayr 2000). Außerdem wurde nachgewiesen, dass in baugleichen Wohnungen mit gleicher technischer Ausstattung Unterschiede von

50 % im Heizenergieverbrauch festzustellen sind, die ausschließlich auf das Verhalten der Bewohner zurückzuführen sind. Dabei wird auch der monetäre Vorteil energiesuffizienten Verhaltens betont. So gilt als grobe Faustregel die Angabe, dass sechs Prozent der Heizkosten gespart werden, wenn die Raumtemperatur um ein Grad reduziert wird (vgl. Wuppertal Institut 2010: 38). Obwohl das Potenzial zur Energie-, CO<sub>2</sub>- und finanziellen Einsparung durchaus in beachtlichem Maße vorhanden zu sein scheint, steht die Entwicklung von Maßnahmen zur Förderung dieses energiesuffizienten Verhaltens weder im Fokus der Politik noch der Forschung.

Im Bereich **Wohnfläche** ist die Maßnahmenseite zur Umsetzung der Energiesuffizienz mehr und mehr in das Interesse der Wissenschaft gerückt. BIERWIRTH/THOMAS (vgl. 2015) und STEFFEN (vgl. 2013) halten aus Architektensicht ein Plädoyer für eine engagiertere Rahmensetzung von Seiten der Politik und Akteuren der Baubranche. Außerdem stellen sie aus der *bottom-up*-Perspektive allgemeine Umsetzungsbeispiele von Energiesuffizienz im Bereich Wohnflächenreduzierung vor. KOPATZ (vgl. 2016: 11 ff.) stellt ausgewählte Strategien und Praxisbeispiele vor, in denen die Reduzierung der Wohnfläche pro Kopf im Zentrum steht.

Für die Abschätzung von Auswirkungen von Energiesuffizienz im Themenbereich Wohnfläche wurden bereits einige Szenarien erstellt. BIERWIRTH (vgl. 2015) entwirft ein qualitatives Suffizienz-Szenario für das Jahr 2035 aus Sicht eines fiktiven Wohnungsunternehmens, in dem Strategien und Handlungsmotive dargestellt werden.

Die Stadt ZÜRICH (vgl. 2012: 18 f.) hat am Beispiel Wohnen Grundlagen für einen Energiesuffizienzpfad erstellt. Dabei wird auch das Thema Wohnfläche untersucht. So wird errechnet, dass durch die Verminderung der beanspruchten Energiebezugsfläche pro Kopf um 1/3 (von 60 m<sup>2</sup> auf 40 m<sup>2</sup>) bei gleichbleibendem Nutzerverhalten und Gebäudezustand der Energieverbrauch und die THG-Emissionen um 15 % reduziert werden. Die potenziellen Reduktionen durch suffizientes Verhalten werden als prozentuale Abweichungen vom Energieverbrauch bei typischem Verhalten quantifiziert.

Im Bereich der Quadratmeter modelliert PFAHL (vgl. 2002: 275 f.) in seinen Langzeitszenarien drei Fälle, in denen die Wohnfläche verringert wird. Dabei stellt er die Werte jeweils einem Effizienzzenario gegenüber, bei dem die gesamte Wohnfläche in Deutschland zwischen 1995 und 2050 um 35 % zunimmt und pro Kopf von 37,4 m<sup>2</sup> (1995) auf 68,7 m<sup>2</sup> (2050) steigt. Im Fall 1 wird die absolute Wohnfläche in Deutschland über die 55 Jahre konstant gehalten. Hierdurch vermindert sich die Energienachfrage um 30 %. Die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf wird im Fall 2 nahezu konstant gehalten, was zu einer Reduktion des Raumwärmebedarfs um 35 % führt. Im Fall 3 wird die Wohnfläche pro Kopf um 3,4 m<sup>2</sup> auf 34 m<sup>2</sup> gesenkt. Nun nimmt der Bedarf um 40 % ab. Diese Reduktionspotenziale leitet PFAHL nicht aus bestimmten Maßnahmen zur Verringerung der Wohnfläche ab, sondern berechnet die Effekte aus den willkürlich gesetzten Wohnflächenwerten.

Auch in den Expertengesprächen werden die Raumtemperatur und die beheizten Quadratmeter als wichtigste Bezugsgröße zur Messung energiesuffizienten Verhaltens im Bereich Raumwärme hervorgehoben.

Während es einige Sammlungen von Good-Practice-Beispielen im Suffizienzbereich Wohnen gibt, fehlt bislang eine systematische Auswertung zu den Wirkungen der Maßnahmen und Projekte in Bezug auf Wohnflächen-, Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung und deren Verknüpfung zu Szenarien. Auf politischer Ebene wurden im Gebäudebereich Energieindikatoren ausgearbeitet, die auf Energieeffizienz ausgerichtet sind, z.B. kWh(m<sup>2</sup>\*a). Für Energiesuffizienz gibt es keine Indikatoren als Richtwerte. Außerdem wird aus der Literaturanalyse ersichtlich, dass Akteursgruppen in die Entwicklung von Maßnahmen in einem konkreten Bezugsraum kaum eingebunden werden bzw. *bottom-up*-Projekte nicht ganzheitlichen Strategieentwicklungen, sondern dem Engagement einzelner Akteure zu verdanken sind.

#### 2.5.4 Beeinflussung der Nachfrageseite von Raumwärme

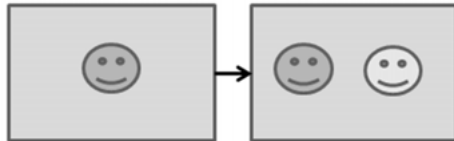
Im Folgenden wird untersucht, welche Faktoren in der Literatur diskutiert werden, die die Raumwärmenachfrage beeinflussen. Dabei geht es um individuelle Verhaltensweisen, technisch-bauliche Gegebenheiten aber auch um Ansatzhebel zur Veränderungen des Status-quo der Raumwärmenachfrage. Hierbei ist wiederum zwischen der Beeinflussung der Nachfrage über die bewohnte und beheizte Wohnfläche sowie der Raumtemperatur zu unterscheiden.

Raumwärme ist eine Energiedienstleistung, deren absolute Menge auf der Nachfrageseite zu einem großen Teil durch die Größe des warmen Wohnraums bestimmt wird. Ein 35-m<sup>2</sup>-Apartment auf einer konstanten Raumtemperatur von 20° C zu halten, benötigt weniger Energie als eine 65-m<sup>2</sup>-Wohnung bei dem gleichen energetischen Zustand des Gebäudes und Heizsystems. Die Entscheidung über die Größe der Wohnung wird nur periodisch bei einem Wohnungswechsel getroffen und kann die Raumwärmenachfrage über Jahre bestimmen. SUPPER (vgl. 2010: 19) kommt in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass Quadratmeter als Auswahlkriterium bei der Wohnungswahl eine eher untergeordnete Rolle spielen. Die Kosten (warm/kalt) der Wohnung und Standortkriterien wie gute Nahversorgung oder das Fehlen von Lärmbelästigung werden höher gewertet. Dennoch ist anzunehmen, dass die Frage der Wohnungsgröße aufgrund des demographischen Wandels an Bedeutung gewinnen wird. So empfinden 20 % der Seniorenhaushalte (Alter: 60+) ihre Wohnung als zu groß. Dabei sind gravierende Unterschiede zwischen Wohneigentum und Mietwohnungen festzustellen. Während sich bei Wohnungsbesitzern über 60 Jahren knapp 33 % mit der Größe ihrer Wohnung überfordert fühlen, sind es im Mietbereich nur 10 % (vgl. BMVBS 2011: 31). Senioren ab 70 Jahren bewohnen mit 60 m<sup>2</sup> Wohnfläche pro Kopf noch einmal deutlich mehr Fläche als der Bundesdurchschnitt mit 46,7 m<sup>2</sup> pro Kopf in 2012 (vgl. Statistisches Bundesamt 2014: 565). Aber nicht nur Senioren sind als Zielgruppe interessant. In allen soziodemographischen Gruppen lassen sich Anknüpfungspunkte finden.

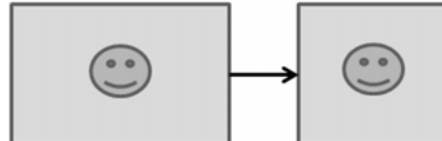
In der Literatur wird eine Vielzahl von Konzepten und Strategien diskutiert, wie die Wohnfläche pro Kopf verringert werden kann (vgl. Fuhrhop 2015, Bierwirth 2015, Schneidewind/Zahrnt 2013, Steffen 2013). Die vorgeschlagenen Konzepte/Strategien lassen sich in zwei Kategorien einordnen (vgl. Abbildung 14). Beide Wege führen dazu, dass auf aggregierter Ebene die Quadratmeter pro Kopf sinken.

**Abbildung 14: Wege zur Veränderung der durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf**

Veränderung der Haushaltsgröße: Erhöhung der durchschnittlichen Haushaltsgröße bei gleichbleibender Wohnfläche



Veränderung der Wohnfläche: Verringerung der (beheizten) Wohnfläche bei gleicher Haushaltsgröße



Quelle: eigene Darstellung

BIERWIRTH/THOMAS (vgl. 2015: 76) haben die Motive für eine Reduzierung der durchschnittlichen Wohnfläche untersucht und kommen zu dem Ergebnis, dass ökologische Motive nur in den seltensten Fällen ein Hauptgrund für eine geringe Quadratmeterzahl sind. Vielmehr seien finanzielle (geringe Haushaltseinkommen), soziodemographische (Zusammenziehen von Paaren, Geburt von Kindern) oder auch soziale (Gemeinschafts- und Sicherheitsbedürfnis von Alleinlebenden) Gründe ausschlaggebend.

Die Nachfrage nach Raumwärme wird neben der Wohnfläche auch über das Nutzerverhalten bestimmt. In der Fachliteratur und in den Experteninterviews werden zwei wesentliche Verhaltensweisen genannt: die Wahl der Raumtemperatur und das Lüftungsverhalten. Dabei ist hervorzuheben, dass das Verhalten in den seltensten Fällen allein durch ökonomische, rein pragmatische oder rein normative Abwägungen geprägt ist (vgl. Hacke 2009: 11), was verschiedene Strategien und Ansatzpunkte zur Beeinflussung des Nutzerverhaltens ermöglicht. Nach HACKE (vgl. 2009: 10 f.) ist das Heiz- und Lüftungsverhalten maßgeblich vom Lebensstil und den sozioökonomischen Rahmenbedingungen geprägt. Hinzu kommen nach ihren Untersuchungen sehr unterschiedliche Ansprüche an die als komfortabel empfundene Raumtemperatur. Dennoch lassen sich in der Literatur Richtwerte finden: 19 °C oder 20 °C Durchschnittstemperatur der Wohneinheit werden üblicherweise angenommen (vgl. Cali et al. 2013: 1130). Dabei wird betont, dass Räume unterschiedlicher Nutzung mit verschiedenen Raumtemperatureinstellungen einhergehen können. Für das Wohnzimmer wird eine Temperatur von 21 °C als Richtwert angegeben (vgl. Milne/Boardman 2000: 413), während eine geringere Raumtemperatur im Schlafzimmer empfohlen wird. Dass diese Richtwerte im Alltag stark abweichen, haben GRINEWITSCHUS/LOVRIC (vgl. 2013: 275 f.) in einer empirischen Untersuchung herausgefunden. Die Durchschnittswerte der Wohnungen schwankten zwischen 16 °C und 26 °C. Neben dem differenzierten Heizen



nach Raumnutzung wird auch die zeitliche Differenzierung als Möglichkeit gesehen, von der Nachfrageseite auf den Raumwärmeverbrauch Einfluss zu nehmen. Dabei wird in den Räumen, die beispielsweise nachts oder am Tag über einen längeren Zeitraum nicht genutzt werden, die Heizkörpereinstellung entweder manuell oder über zeitgesteuerte Einzelraum-Temperaturregelungen gesenkt. Dennoch wurde festgestellt, dass im Alltag die Raumtemperaturen auch während der Nicht-Nutzung der Räume und in der Nacht meist konstant gehalten werden (vgl. ebd.).

Auch das Lüftungsverhalten hat einen entscheidenden Einfluss auf die Nachfrage nach Raumwärme (vgl. Voss/Saubier 2016, Grinewitschus et al. 2013, Galvin 2013). Untersuchungen zufolge wird beim Stoßlüften (weites Öffnen der Fenster für wenige Minuten), welches zwei bis vier Mal am Tag wiederholt wird, bis zu 20 Mal weniger Energie verbraucht als beim Kipplüften, bei dem das Fenster mehrere Stunden geöffnet ist (vgl. Galvin 2013: 32). GALVIN (vgl. ebd.) hat in einer Befragung ermittelt, dass nur gut 22 % der Haushalte Stoßlüften durchführen. Als Hinderungsgründe wurden genannt: Blockieren der Fenster durch Pflanzen o.ä. auf den Fensterbänken, Probleme beim Öffnen der Fenster nach innen, Unwissenheit über das Energieeinsparpotenzial, andere Lüftungsgewohnheiten. Obwohl das manuelle Lüftungs- und Wahlverhalten der Raumtemperatur beachtliches Potenzial hat, haben GRINEWITSCHUS/LOVRIC (vgl. 2013) in ihren empirischen Untersuchungen festgestellt, dass Wohnungen mit Hausautomatisierungssystemen für Lüftungs- und Raumtemperaturwahl tendenziell die geringste Nachfrage nach Raumwärme aufweisen.

Außerhalb des individuellen Einflussbereichs durch Verhalten gibt es eine Reihe weiterer Faktoren, die den Energieverbrauch bestimmen. Dazu zählen der energetische Zustand des Gebäudes, die Art der Heizung, die Baukörperform (vgl. Shell 2011). All diese Strategien werden dem Effizienzbereich zugerechnet, da sie nicht die Nachfrage nach Raumwärme als Energiedienstleistung, sondern den Input an Energie für Raumwärme adressieren.

## 2.6 Erkenntnisgewinn, Abgrenzungen und Definitionen für den weiteren Verlauf

Generell ist festzustellen, dass die Förderung praktischer Suffizienzmaßnahmen aus theoretisch-konzeptioneller Sicht bislang wenig beleuchtet wird. Insgesamt fällt bei der Literaturanalyse des Forschungsfeldes Suffizienz auf, dass die Studien den Begriff Suffizienz zum Teil sehr unterschiedlich definieren und zur Effizienz abgrenzen bzw. die Abgrenzung offen lassen. Gemeinsam ist der Diskussion um Suffizienz, dass ein «weiter wie bisher» als nicht nachhaltig angesehen wird und es in Zukunft zu einem grundlegenden Umdenken hin zu energiesuffizientem Handeln kommen muss. Was bislang noch fehlt, ist die systematische Analyse handlungsrelevanter Akteure auf kommunaler Ebene unter Einbeziehung ihrer Sichtweisen und Handlungsvorstellungen zu Umsetzungsmaßnahmen anhand eines konkreten Bezugsraums. Dies wird in Kapitel 6.1 am Fall Vohwinkel vorgenommen.

Des Weiteren wird deutlich, dass Suffizienz aus unterschiedlichen Gründen bislang noch nicht ausreichend im Fokus der diskutierten Handlungsfelder um Klimaneutralität, Stadtforschung und Langfristszenarien steht. Eine Forschungslücke besteht unter anderem im Bereich der Bedeutung von Suffizienz in Energieszenarien. Durch die Entwicklung von Szenarien zur Bedeutung von Ermöglichungsstrukturen für energiesuffizientes Verhalten soll diese Forschungslücke verkleinert werden. Der Stadtentwicklung wird eine wichtige Rolle bei der Ermöglichung von suffizientem Verhalten zugesprochen. Allerdings gibt es kaum Untersuchungen, die ihre Bedeutung, Möglichkeiten und Potenziale an konkreten Beispielen analysieren. Da die vorliegende Arbeit die zukunftsfähige Stadtentwicklung und ihre verschiedenen Akteure in Bezug auf die Förderung von energiesuffizientem Verhalten in einem konkreten Stadtteil zum Gegenstand hat, trägt sie zur Verkleinerung der Forschungslücke bei.

Im Folgenden wird das Verständnis von Energiesuffizienz, wie es in der vorliegenden Arbeit angewandt wird, aufgezeigt und im städtischen Kontext operationalisiert. Dabei wird nicht nur auf die aus der Literatur erarbeiteten Erkenntnisse gesetzt, sondern es werden auch Ergebnisse aus den Expertengesprächen aufgenommen.

### 2.6.1 *Definition von energiesuffizientem Verhalten*<sup>5</sup>

Aufgrund der quantitativ ausgerichteten Forschungsfrage nach dem Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduktion, den Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung auf lange Sicht leisten kann, liegt das «pragmatische» Verständnis von Suffizienz im Sinne von LINZ (vgl. 2004) nahe, das in erster Linie auf ressourcensparendes Verhalten von Gütern und Dienstleistungen abzielt. Es geht also nicht ausschließlich um das Verhalten von einzelnen Menschen beim Konsum, das sich durch Verzichtleistungen, Kaufenthaltung oder Bescheidenheit ausdrückt. Sondern das Verständnis schließt alle Teile des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens mit ein, was den Blick auf die Stadtentwicklung als einen wichtigen Analysebereich ermöglicht.

Noch konkreter geht es im Rahmen dieser Arbeit um die Verankerung von Verhaltensweisen, die die absolute Reduktion von energieintensiven Gütern und Dienstleistungen bewirken. Dabei setzt das Suffizienz-Verständnis nicht in erster Linie an der normativen Debatte um individuelle Verhaltensdispositionen an, sondern richtet die Aufmerksamkeit auf strukturelle Bedingungen für Verhaltensänderung. Energiesuffizientes Verhalten wird ausgedrückt durch die Einsparung von Energie aufgrund der Reduzierung der Nachfrage nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen.

Energiesuffizientes Verhalten wird auf zwei verschiedenen Entscheidungsebenen untersucht. Zum einen geht es um Handlungsentscheidungen in der Kauf-, Miet- und Investitionsphase verschiedener Akteure (bspw. Kauf bzw. Anmietung von Wohnungen, Investitionen in ein Auto/Fahrrad). Zum anderen werden Entscheidungen in der Nutzungsphase der Gebäude- und Verkehrsinfrastruktur untersucht (bspw. Wahl der

---

<sup>5</sup> In Abschnitten vorveröffentlicht in Gröne 2016

Raumtemperatur, Wahl der Wegelänge und -häufigkeit). Dabei kann zwischen unterschiedlichen Ausprägungen des Nachfragerückgangs differenziert werden, wobei prinzipiell alle Ausprägungen als energiesuffizientes Verhalten gelten. Je nach Einzelfall wird die realistische Möglichkeit der Anwendung zu bewerten sein. Der erste Fall stellt den vollständigen Nachfragerückgang dar («Null-Option», bspw. kein Bedarf mehr an einer Zweitwohnung, kein Bedarf an einem eigenen Pkw). Der zweite Fall beinhaltet die Verringerung der Nachfrage (bspw. Reduktion der Wohnungsgröße und Wegelänge). Drittens kann sich suffizientes Verhalten in einer Substitution oder flexiblen Anpassung der Bedarfe ausdrücken (bspw. *home office*, Nutzung von Gemeinschaftsräumen). Voraussetzung ist hierbei, dass die Nachfrage bzw. Nutzung nicht additiv ist, z.B. Nutzung von *car sharing*, wenn ansonsten die Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt werden.

Die Ausdifferenzierung suffizienten Verhaltens macht deutlich, dass zum Verständnis der weiteren Operationalisierung der Begriff «Bedarf» eine entscheidende Rolle spielt. Abzugrenzen ist der Bedarf vom Begriff «(Grund-)Bedürfnis». Grundbedürfnisse des Menschen wie bspw. Sicherheit, soziale Beziehungen und Freiheit (Selbstbestimmung) sind als elementar und gegeben anzunehmen (vgl. Maslow 1943). Bedarfe hingegen stellen die spezifische Ausformulierung der Bedürfnisse dar. Da ihre Ausprägung als veränderbar gilt und abhängig von kulturellen, historischen und persönlichen Prägungen ist, bieten sie einen Ansatzpunkt für Verhaltensänderungen (vgl. Paech 2005: 62, Pfriem 1996: 265). Beispielsweise lässt sich das Bedürfnis nach Freiheit durch Mobilität befriedigen. Hier wiederum ist die Befriedigung des Mobilitätsbedarfs mit unterschiedlichen Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch und die Energieintensität verbunden. Bei der Bedarfsbefriedigung der räumlichen Mobilität stehen verschiedene Verkehrsmittel zur Verfügung (Auto, Fahrrad, ÖPNV), die durch für deren Nutzung notwendige Infrastrukturen (Straßen, Parkplätze, Schienen) ergänzt werden (Nutzungssystem) (vgl. Reichel et al. 2009: 9, Paech 2005: 62). Um eine Verhaltensänderung zu erreichen, besteht nun die Möglichkeit, die Rahmenbedingungen und Infrastrukturen zu beeinflussen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden verschiedene Ansätze einer Energie-suffizienz ermöglichenden Stadt(teil)entwicklung ausgearbeitet, die eine Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der Wahl verschiedener Weisen der Bedarfsbefriedigung und deren Ermöglichung anhand verschiedener Beispiele beinhaltet. Dabei wird nicht das Grundbedürfnis nach Freiheit in Frage gestellt, vielmehr werden die Ausprägung der Bedarfsbefriedigungen und die dadurch entstehende Energienachfrage in einem langfristigen Zeitraum untersucht.

Ausgehend von den bisherigen Vorüberlegungen wird energiesuffizientes Verhalten im Kontext der vorliegenden Arbeit definiert als:

*Verringerung der durchschnittlichen Nachfrage pro Kopf nach Energie(dienst)leistungen aufgrund von Änderungen der Bedarfsbefriedigung in der Kauf-, Miet- und Investitionsphase sowie der Nutzungsphase von Gütern und Dienstleistungen (in den Bereichen «Raumwärme privater Haushalte» und «alltäglicher Personenverkehr»).*

Dabei werden unter dem Begriff «Energie(dienst)leistung» (Dienst)Leistungen verstanden, die andere Energiequellen als die Muskelkraft nutzen. Durch diesen Zusatz ist die Verbindung zur CO<sub>2</sub>-Reduktion gewährleistet. Energie(dienst)leistungen, die (so gut wie) keine CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, werden aufgrund der Fragestellung nach dem Beitrag zur Klimaneutralität nicht primär reduziert. So ist es z.B. für die Klimabilanz im Verkehrssektor unerheblich, ob und wie viele Kilometer zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden.

## 2.6.2 Messbarmachung von energiesuffizientem Verhalten

Nach den Vorüberlegungen ist es Ziel des nächsten Abschnittes, festzulegen, mit Hilfe welcher Indikatoren das theoretische Konstrukt «energiesuffizientes Verhalten» in den beiden Untersuchungsgebieten Raumwärme und Personenverkehr messbar gemacht werden kann.

Im Bereich **Personenverkehr** ist das Ziel des energiesuffizienten Verhaltens, kurz gesagt, die Vermeidung und Verringerung von Personenverkehr, da hierdurch die Nachfrage nach Energie(dienst)leistungen absolut gesehen verringert wird. Nach dieser Einteilung ist es nicht relevant, ob ein Weg mit dem Auto, Hubschrauber oder zu Fuß zurückgelegt wird. Bei jeder Ortsveränderung wird zwar Energie nachgefragt, die Menge an Energie ist dabei aber sehr unterschiedlich und hängt in erster Linie von der Wahl des Verkehrsmittels und des Nutzungssystems ab. Daher ist zu überlegen, ob es aufgrund der allgemeinen Zieldefinition «absolute Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen» im Rahmen der Arbeit nicht sinnvoller ist, einen Schwerpunkt auf die Vermeidung/Verringerung des motorisierten Verkehrs (MV) zu legen, da dieser ein Vielfaches an Energie im Vergleich zum Fahrrad und dem Zu-Fuß-gehen verbraucht. Allerdings besteht nun eine Überschneidung zum Bereich Verkehrsverlagerung, der in den Verkehrswissenschaften von der Verkehrsvermeidung unterschieden wird (Vermeiden, Verlagern, Verbessern). Aufgrund der Uneinheitlichkeit wurde die Frage nach der Operationalisierung auch in den Expertengesprächen gestellt. Hier sehen viele Befragte energiesuffizientes Verhalten in der Reduzierung des motorisierten Verkehrs. Einige ordnen auch die gesamte Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf den Umweltverbund der Energiesuffizienz zu, da sie die nötige Verhaltensänderung und die Einschränkung durch den Verzicht auf das Auto als Suffizienz bezeichnen. Auch aus

den Expertengesprächen lässt sich also keine eindeutige Position ableiten. Aufgrund der Definition von Energie(dienst)leistung wird der motorisierte Verkehr als Indikator gewählt.

Ein weiterer Punkt, der auf Grundlage der Literatursauswertung nicht eindeutig geklärt werden konnte, ist die Frage, ob es Ziel der Energiesuffizienzförderung sein soll, den Anteil der freiwillig nicht am Verkehr teilnehmenden Personen pro Tag (innerhäusige Personen) zu erhöhen. Einig sind sich alle befragten Verkehrsexperten darin, dass der Indikator «Anzahl der freiwillig nicht am Verkehr teilnehmenden Personen» als nicht sinnvoll erachtet wird. Sie begründen dies damit, dass es erhebungstechnisch nicht möglich sei, genau abzugrenzen, welcher Verkehr nicht freiwillig geschieht und wie die Alternative Nicht-Teilnehmen gesellschaftlich und individuell bewertet wird. Rad- und Fußverkehr seien nicht klimarelevant und daher vor dem Hintergrund der zentralen Fragestellung nicht zu vermeiden, so die übereinstimmende Meinung. Der zentrale Indikator zur Messung energiesuffizienten Verhaltens im Personenverkehr ist nach Ansicht der Mehrheit der Experten die durchschnittliche Wegelänge.

Als Indikatoren zur Messung von Energiesuffizienz im Personenverkehrsbereich (Alltagsverkehr) werden somit definiert:

- Durchschnittliche Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln (gemessen in km pro Tag und pro Kopf)
- Durchschnittliche Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln (gemessen pro Tag und pro Kopf)

Um die Nachfrage nach Energie(dienst)leistungen absolut zu verringern, gehören zu den Zielen der Energiesuffizienz:

- Verkürzung der durchschnittlichen Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln
- Verringerung der durchschnittlichen Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln

Wird im weiteren Verlauf von den Indikatoren Wegelänge und Anzahl der Wege gesprochen, schließt dies immer den Zusatz «mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Tag pro Kopf» ein.

Der zweite Bereich, der in der Fallstudie näher untersucht wird, ist der Bereich **Raumwärme**. Er ist eine Eingrenzung aus dem Themenfeld Bauen und Wohnen, was wiederum zum Oberbereich Energiesysteme gezählt wird. Ausgewählt wurde dieser spezielle Bereich, da er zum einen für einen Großteil der Energienachfrage von privaten Haushalten verantwortlich ist und zum anderen durch Maßnahmen der Stadtstruktur mit beeinflusst wird.

Zunächst stellte sich nach der Literatursauswertung die Frage, ob auch die Nachfrage nach Raumkühlung in Bezug auf Energiesuffizienz in Deutschland auf langfristige Sicht mit betrachtet werden sollte. Diese Frage wurde mit den Experten diskutiert. Während die Nachfrage in Deutschland momentan noch relativ gering ist verglichen mit anderen Ländern wie beispielsweise den USA, ist abzuschätzen, wie sich der Bedarf in den kommenden 40 Jahren entwickeln wird. Zwei der vier befragten Raumwärmeexperten sind der Meinung, dass Raumkühlung in Deutschland auch in Zukunft nicht wichtig wird, da die Nachfrage nach Energie zur Raumkühlung allein durch bauliche Maßnahmen (z.B. Verschattung durch Bäume) verhindert werden kann. Ein weiterer Interviewpartner ist ebenfalls der Meinung, dass der Energieverbrauch zur Raumkühlung theoretisch durch bauliche Maßnahmen verhindert werden kann, allerdings werde das Potenzial in der Praxis nicht ausgeschöpft, sodass seiner Ansicht nach die Energienachfrage zur Raumkühlung eventuell relevanter werden könnte. Eine Zunahme der Relevanz wird nur von einem Experten erwartet. Durch die tendenzielle Einschätzung der befragten Experten, dass Raumkühlung in den nächsten 35 bis 40 Jahren im Wohnbereich von wesentlich geringerer Bedeutung als die Raumwärme sein wird sowie aus Gründen der Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes, wird dieser Komplex in der weiteren Betrachtung ausgeklammert. Zudem ist der derzeitige Zustand schwer zu erfassen. Die Bedeutung der Raumkühlung stellt aber für weitere Forschungsarbeiten zur Energiesuffizienz im Wohnbereich ein potenzielles Untersuchungsfeld dar.

Eine Steigerung der Energiesuffizienz im Bereich Raumwärme bedeutet, dass die Nachfrage nach Wärmedienstleistungen durch Änderung der Bedarfsbefriedigung absolut gesenkt wird. Dies geschieht zum einen durch eine Senkung der beheizten Quadratmeterzahl pro Kopf, über die weitestgehend in der Kauf- und Anmietungsphase entschieden wird. Zum anderen wird die Energienachfrage über die Wahl der Raumtemperatur bestimmt, die in der Nutzungsphase laufend geändert werden kann und prinzipiell für jeden Raum variabel ist. Von allen befragten Experten werden diese beiden Indikatoren als sinnvoll erachtet.

Als Indikatoren für Energiesuffizienz im Bereich **Raumwärme** werden somit herangezogen:

- Durchschnittliche Raumtemperatur (gemessen in Grad Celsius)
- Durchschnittlich bewohnte und beheizte Wohnfläche (gemessen in Quadratmetern pro Kopf)

Ziele energiesuffizienten Verhaltens im Bereich Raumwärme privater Haushalte:

- Durchschnittliche Raumtemperatur der Wohneinheit senken
- Durchschnittlich bewohnte und beheizte Wohnfläche verringern

Wird im weiteren Verlauf nur noch der Begriff Wohnfläche genannt, bezieht sich dies immer auf die bewohnte und beheizte Wohnfläche pro Kopf. Auch wenn von Raumtemperatur gesprochen wird, bezieht sich dies auf die durchschnittliche Raumtemperatur der Wohneinheit.

Da der Energieverbrauch von Personen im Zentrum des Erkenntnisinteresses steht, werden im Folgenden energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen näher betrachtet, die einen Großteil der energiebedingten THG-Emissionen ausmachen (vgl. Kapitel 2.3.).

### 3 Das theoretische Analysekonzept<sup>6</sup>

Im Folgenden wird nun die Energiesuffizienz-Strategie am Beispiel der Stadtentwicklung aus theoretisch-analytischer Sicht anhand einiger zentraler Konzepte der Transition-Forschung diskutiert. Erkenntnisleitend ist dabei die Frage, welche Merkmale und Eigenschaften aus dem Bereich der Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung zu erkennen sind, die darauf schließen lassen, dass es sich bei diesem Anwendungsbezug um einen möglichen Pfad hin zu einem grundlegenden Systemwechsel im Sinne der *sustainable urban transition* handelt.

Zunächst wird der Ansatz der Transition-Forschung in seinen Grundzügen deskriptiv vorgestellt und dargelegt, warum sich der Ansatz für die Strukturierung des Forschungsfeldes eignet. Darüber hinaus wird dargestellt, welche Elemente des Ansatzes für die vorliegende Untersuchung und die Beantwortung der Forschungsfrage von Relevanz sind (Kapitel 3.1). Des Weiteren werden die theoretischen Vorüberlegungen für die Akteursanalyse, die sich hauptsächlich auf den Ansatz des Akteurzentrierten Institutionalismus beziehen, dargestellt (Kapitel 3.2). Anschließend werden in Kapitel 3.3 Maßnahmenkategorien und ausgewählte Wirkungsebenen aufgezeigt, die die empirische Analyse leiten werden. Zum Ende des Kapitels wird das erarbeitete theoretische Analysekonzept zusammengefasst. Außerdem werden Thesen formuliert, die in Kapitel 8 auf Grundlage des empirischen Teils reflektiert werden.

#### 3.1 Der Transition-Ansatz

In den vergangenen 20 Jahren wurde Wissenschaftsdisziplinen übergreifend der Transition-Ansatz in der Forschung etabliert, um Prozesse, Ursachen und Gestaltung von grundlegenden strukturellen Übergängen (Transitionen) zu neuen Systemen zu untersuchen. Der Ansatz wird sowohl von systemanalytischen (bspw. *complex system theory*) als auch von politikfeldorientierten (bspw. *policy cycle*) Konzepten beeinflusst (vgl. Schönberger 2016: 19, Schneidewind 2010: 27). Im Gegensatz zu den meisten theoretischen Rahmen zielt er in seiner Gesamtheit nicht nur auf das Beschreiben und Erklären von historischen Übergängen ab, sondern richtet sein Augenmerk auch auf die Mitgestaltung heute ablaufender Transitionen. Dadurch kommt sowohl den Forschenden im realen Gestaltungsprozess der Übergänge als auch den Praxisakteuren im Forschungsprozess eine aktive Rolle zu.

Unter dem Transition-Ansatz werden verschiedene Konzepte zusammengefasst, mit deren Hilfe unterschiedliche Fragestellungen in der Empirie beantwortet und Teilaspekte der Transitionen analysiert werden. Transition ist zunächst einmal ohne Richtungsbestimmung und Forschungsobjekt zu verstehen. Was genau sich wohin verändert oder welches Ziel durch den Übergang zu einem fundamental anderen Zustand erreicht werden soll, bleibt offen. In der Literatur lassen sich verschiedene Orientierungen erkennen. So werden allgemein sozio-technische Transitionen untersucht. Dabei stehen

---

<sup>6</sup> Dieses Kapitel wurde vorveröffentlicht in Gröne (2016).



sozio-technische Systeme (z.B. das Energiesystem) im Fokus, die durch technische und sozio-kulturelle, aber auch materielle, organisatorische, institutionelle, politische und ökonomische Neuerungen grundlegend verändert werden (vgl. Markard et al. 2012: 956). Der Zusatz sozio-technisch zeigt eine wertneutrale, deskriptiv ausgerichtete Untersuchungsrichtung an und lässt sich sowohl auf historische als auch auf laufende Transitionen beziehen. Eine normative Spezifizierung des Transition-Begriffs wird durch den Zusatz der Nachhaltigkeit erreicht (*sustainable transitions*). Forschungsvorhaben mit dieser Orientierung zeigen die präferierte Richtung des Übergangs an, sodass die Innovationen, die entwickelt und analysiert werden, der nachhaltigen Entwicklung dienen (sollen) (vgl. Alkemade et al. 2011: 5). Das weitere theoretische Konzept dieser Arbeit orientiert sich an diesem Verständnis von Transition. Eine Eingrenzung auf eine konkrete Analysekategorie mit ebenfalls normativer Prägung stellen Forschungsarbeiten zu *low carbon* oder *post carbon transitions* dar (vgl. bspw. Hodson/Marvin 2012: 421 f.). Durch das messbare Ziel, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß enorm zu reduzieren, um den vom Menschen verursachten Teil des Klimawandels zu vermindern, findet zunächst eine Fokussierung auf die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit statt. Durch die Bedrohung der Lebens- und Wirtschaftsweisen der heute lebenden Menschen und zukünftiger Generationen durch den Klimawandel werden langfristig auch die sozialen und ökonomischen Aspekte der Nachhaltigkeit angesprochen.

Eine weitere Eingrenzung der Untersuchungsgegenstände in der Transition-Forschung betrifft die Anwendungsfelder. Hier kann grundsätzlich zwischen systemischen, sektoralen und räumlichen Feldern unterschieden werden. Im Bereich der systemischen Abgrenzungen ist festzustellen, dass sich viele Transition-Studien explizit oder implizit mit dem Energiesystem (vgl. bspw. Laes et al. 2014, Verbong/Geels 2007, Schenk et al. 2007) befassen. Im vorliegenden Anwendungsfall wird die Betrachtung des Energiesystems auf die Sektoren Personenverkehr und Raumwärme privater Haushalte eingegrenzt. Eine weitere Präzisierungsmöglichkeit ist die räumliche Abgrenzung. In den vergangenen Jahren sind die städtische und die regionale Ebene (vgl. bspw. O’Riordan 2013, Hodson et al. 2011, Späth/Rohracher 2011) verstärkt in das Interesse der Untersuchungen gerückt (*urban transitions*). Seit Beginn der Ausarbeitung des Transition-Ansatzes steht die nationale Ebene im Zentrum (vgl. Laes et al. 2014, Foxon et al. 2012, Geels/Schot 2007). In der vorliegenden Studie stellt die städtische Ebene den Untersuchungsraum dar.

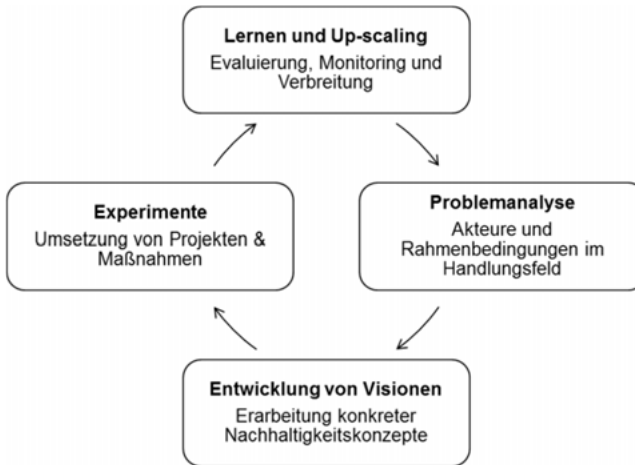
Es bleibt festzuhalten, dass Transition in der vorliegenden Arbeit auf die Entwicklung hin zu einem nachhaltigen Energiesystem in der Stadt ausgerichtet ist (*transition toward a low carbon sustainable urban energy system*). Welche Wege dorthin führen können und welche Eigenschaften und Akteure das neue System auszeichnen kann, wird zu untersuchen sein.

Da Suffizienz als eine der drei Nachhaltigkeitsstrategien bislang wenig systematisch daraufhin untersucht wurde, welchen Beitrag sie zu einem nachhaltigen Energie-

system leisten kann, werden Erklärungsmuster aus verschiedenen Konzepten zusammengetragen.

Der *transition enabling cycle* wurde von ROTMANS und LOORBACH (vgl. 2010) federführend ausgearbeitet und dient der Beschreibung und Strukturierung von Schritten/Phasen, die für das Management von Transition wichtig sind (vgl. Abbildung 15).

**Abbildung 15: Transition enabling cycle**



Quelle: eigene Darstellung nach Loorbach 2010: 173, Schneidewind/Scheck 2012: 54

Einer der vier Schritte des *cycle* ist die Problemanalyse, mit der Systemwissen generiert wird. In dieser strategischen Phase geht es um die Identifikation von Hauptakteuren des Anwendungsfeldes. Darüber hinaus werden die Interessen, Positionen und Handlungsressourcen dieser Akteure analysiert. Kommen die Akteure der *transition arena* zusammen, wird das Problem strukturiert. Dabei werden mögliche Chancen, Hemmnisse und Ansatzhebel identifiziert, die den Transition-Prozess beeinflussen. (vgl. Loorbach 2010: 174).

In der zweiten Phase des *transition enabling cycle* steht die partizipative Entwicklung von Visionen und Szenarien im Vordergrund. Dabei geht es aus taktischer Sicht um die Erarbeitung konkreter Maßnahmen, Wege und Agenden für den Transition-Prozess, die in die gewünschte Richtung führen (vgl. ebd.: 175). Ein besonderes Augenmerk wird hierbei auf Beseitigung der Barrieren gelegt, die regulativer, institutioneller oder auch ökonomischer Art sein können. Darüber hinaus können auch Konsumentenverhalten, die physische Infrastruktur und bestimmte Technologien zu den Barrieren zählen.

Die nächste Phase besteht aus der Umsetzung von konkreten Projekten und Maßnahmen. Die Durchführung und die wissenschaftliche Begleitung der Experimente stehen im Zentrum der operationalen Aktivitäten (vgl. Schneidewind/Scheck 2012: 54 f.).

Sie stellen einen wichtigen Meilenstein zur tatsächlichen Veränderung und Wandlung der Systeme und Subsysteme dar.

In der Phase des Lernens und *Up-scaling* geht es um die Evaluierung und die Verbreitung von Maßnahmen aus der experimentellen Phase. Dabei stehen sowohl die einzelnen Maßnahmen als auch der gesamte Transitionweg zu einem Systemwechsel im Vordergrund (vgl. ebd.: 55).

Das Konzept des *transition enabling cycle* dient im Folgenden dazu, das Forschungsfeld der Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung als Strategie zur Förderung von Klimaneutralität zu strukturieren. Darüber hinaus werden die Arbeitsschritte der empirischen Untersuchung in den Kreis eingeordnet und orientieren sich in der inhaltlichen Ausgestaltung wiederum an einzelnen Phasen des *cycle*. Die empirische Untersuchung beinhaltet die Phase der Problemanalyse und einer Akteursauswertung. Außerdem werden erste Ansatzpunkte und konkrete Maßnahmen für die Förderung von energiesuffizientem Verhalten auf Ebene der Stadtentwicklung definiert. Darüber hinaus werden Visionen zur Energiesuffizienz in verschiedenen Langzeitszenarien entworfen (Phase der Visionsentwicklung).

Ein zweites zentrales Konzept der Transition-Forschung ist die **Multi-Level-Perspektive** (MLP). Zum einen wird das Konzept genutzt, um zu strukturieren und zu analysieren, wie historische Transitionen abgelaufen sind (vgl. Geels 2002: 1258, Späth/Rohracher 2012). Zum anderen wird die MLP angewandt, um mögliche, zukünftige oder gerade ablaufende Transitionen auf verschiedenen Ebenen zu beschreiben und zu analysieren. Dies geschieht in Verbindung mit der Ausarbeitung von Handlungsoptionen und der Frage, wie und von welchen Elementen die Entwicklung von Strategien beeinflusst wird (vgl. Foxon et al. 2012: 2).

Dem Konzept zufolge finden die Transitionen aufgrund von Entwicklungen auf drei verschiedenen funktionalen Ebenen (levels) statt, wobei die Ebenen auch miteinander interagieren: auf der Ebene der sozio-technischen **Landschaft** (*landscape*) laufen Prozesse ab, die von den Akteuren des Anwendungsfeldes kaum direkt beeinflusst werden können und sich nur über lange Zeiträume wandeln (vgl. Geels/Schot 2007: 400). Dazu zählen beispielsweise makroökonomische Entwicklungen, klimatische Veränderungen oder kulturelle Normen und Wertvorstellungen. Diese exogenen Prozesse bilden die Makroebene und bauen Druck zum Wandel auf der Mesoebene auf (vgl. ebd.). Das sozio-technische **Regime** bildet die Mesoebene. Diese ist geprägt von drei miteinander verbundenen Dimensionen, die sich gegenseitig stabilisieren: erstens vom Netzwerk der Hauptakteure, zweitens von formalen, normativen sowie kognitiven Regeln und drittens von materiellen und technischen Elementen (vgl. Verbong/Geels 2007: 1026). Bei einer Transition findet ein grundlegender Wandel der Dimensionen des bis dahin stabilen Regimes statt und führt zu einem andersartigen Set von Hauptakteuren, gemeinsam anerkannten Verhaltensweisen, Gesetzen und Standards sowie Infrastrukturen. Auf der Mikroebene ist die sozio-technische **Nische** (*niche*) zu verorten, wo sich Innovationen und neue strukturelle Konfigurationen entwickeln. In der Literatur wer-

den verschiedene Möglichkeiten diskutiert, wie sich Nischen verorten lassen. So kann es sich dabei um Marktnischen (z.B. vegane Produkte) oder um technologische Nischenprodukte (z.B. Elektroautos) handeln (vgl. ebd.). HODSON und MARVIN (vgl. 2012: 424) definieren Nischen geographisch als abgegrenzte Orte, z.B. Städte, in denen neue Strategien, Technologien und Verhaltensmuster erprobt und vom allgemeinen Wettbewerb verschont werden.

Bei empirischen Anwendungen des MLP-Konzeptes stehen bislang technologische Innovationen im Kern des Forschungsinteresses (vgl. bspw. van den Bergh et al. 2011, Verbong/Geels 2007, Kemp et al. 1998). Im Zentrum der Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung sind es hingegen eher planerische und organisatorische Veränderungen. Um das Anwendungsfeld des Konzeptes zu erweitern, werden daher die Untersuchungsmuster der MLP auf Strategien übertragen, die die Energiesuffizienz fördern.

Welche Faktoren der Landschaftsebene auf den Transitionprozess Einfluss haben können, und welche Formen sie im Veränderungsprozess annehmen, um externen Druck auf das vorherrschende Regime auszuüben, haben unter anderem LOORBACH und LIJNIS HUFFENREUTER (vgl. 2013) untersucht. In Anlehnung an eine Typologie von SUAREZ und OLIVIA (vgl. 2005) haben sie fünf verschiedene Arten der Veränderung definiert:

### **Regulär**

Langsame graduelle Veränderung, die allein kaum Druck auf einen Regimewechsel ausüben kann; dem System gelingt meist eine interne Anpassung, Beispiel: der demographische Wandel (bislang)



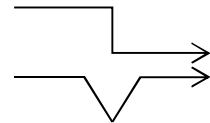
### **Turbulenzen**

Schnell aufeinanderfolgende Wechselimpulse von einem Faktor, in zwei unterschiedliche Richtungen, Beispiel: Ressourcenmärkte mit schnell steigenden und fallenden Preisen



### **Spezifischer Schock**

Wechselimpuls tritt selten auf, übt aber dafür zeitlich begrenzt starken Veränderungsdruck auf das System aus; entweder folgt dann ein Wechsel des Regimes (Beispiel: Atomunfall Fukushima für die deutsche Atompolitik) oder ein Gegenimpuls neutralisiert den Veränderungsdruck.



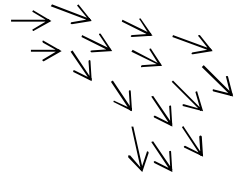
### **Disruptive Veränderung** (Veränderung in einer Dimension)

Über einen langen Zeitraum baut sich Veränderungsdruck auf, der an Bedeutung und Intensität zunimmt; der Impuls tritt eher selten auf und führt zu tiefgreifenden Veränderungen, Beispiel: demographische Veränderungen, wenn dadurch bisherige Systeme gefährdet werden (bspw. soziale Sicherungssysteme wie Rente).



**Lawine** (Veränderungen in mehreren Dimensionen)

Mehrere Faktoren der Landschaftsebene üben einen stetig wachsenden Druck hin zu tiefgreifenden Veränderungen des Systems aus. Das Auftreten ist eher selten, Beispiel: sowohl das Auftreten von Extremwetterereignissen, als auch die Bewertung des Klimawandels durch die Gesellschaft aufgrund medialer Berichterstattung und Fachpublikationen führen zu Systemveränderungen.



Bereits 2007 haben GEELS und SCHOT, ebenfalls aufbauend auf der Typologie von SUAREZ und OLIVIA (2005), eine Typologie von *transition pathways* erarbeitet, um der Vielfalt der Transitionsmuster gerecht zu werden. Während sie zur Darstellung der Veränderungsprozesse auf Landschaftsebene die oben vorgestellten Typen nutzen (mit Ausnahme der Turbulenzen), unterscheiden sie auf der Nischenebene die Zustände:

- a) dass Nischeninnovationen noch nicht ausreichend entwickelt sind, um mit dem Regime zu konkurrieren
- b) dass einzelne Nischeninnovationen sich bereits ausreichend entwickelt haben, um in Konkurrenz zu den Technologien und Praktiken des vorherrschenden Regimes zu treten.

GEELS und SCHOT (vgl. 2007) definieren vier idealtypische *transition pathways*, wobei sie darauf hinweisen, dass es in der Praxis zu Überschneidungen kommen kann:

**P1 Transformation (*transformation*):** disruptive Veränderung plus Nischeninnovationen nicht ausreichend entwickelt

Wenn der Druck durch die Landschaftsebene beständig zunimmt (disruptive Veränderung) und Nischeninnovationen noch nicht ausreichend entwickelt sind, werden die Regimeakteure inkrementelle Innovationen entwickeln, um das Regime von innen zu verändern und anzupassen. Ein Beispiel aus der Vergangenheit ist die Transition von Latrinen zum Abwassersystem Ende des 19. Jahrhunderts (vgl. ebd.: 406 f.).

**P2 Wechselnde Ausrichtung und Neustrukturierung (*de-alignment and re-alignment*):** Lawine trifft auf nicht ausreichend entwickelte Nischeninnovationen

Wenn der Veränderungsdruck auf Landschaftsebene von verschiedenen Dimensionen ausgeht (Lawine), verlieren die Regimeakteure durch die auftretenden Probleme das Vertrauen in das vorherrschende Regime. Ist keine Nischeninnovation ausreichend entwickelt, werden verschiedene Nischeninnovationen nebeneinander existieren und um Aufmerksamkeit kämpfen. Der Übergang von Kutschen zu pferdegezogenen Bahnen bis zum Automobil ist ein Beispiel für diesen *transition pathway* (vgl. ebd.: 408).

**P3 Technologische Substitution (*technological substitution*):** spezifischer Schock oder Lawine treffen auf einzelne weit entwickelte Nischeninnovationen

Ist der Veränderungsdruck der Landschaftsebene auf das Regime hoch (spezifischer Schock oder Lawine), wenn einzelne Nischeninnovationen bereits so weit entwickelt sind, dass sie in Konkurrenz zu den Technologien und Praktiken des vorherrschenden Regimes treten, werden die Nischeninnovationen ein neues Regime definieren. Ein Beispiel ist der Übergang vom Segel- zum Dampfschiff in Großbritannien im 19. Jahrhundert (vgl. ebd.: 409).

**P4 Umgestaltung (*reconfiguration*):** disruptive Veränderung oder Lawine trifft auf entwickelte Nischeninnovationen

Auf Nischenebene werden Innovationen als Zusatzkomponenten oder Ersatzteile für Technologien oder Praktiken der Regimeebene entwickelt. Nischen- und Regimeakteure arbeiten zusammen. Mit der Zeit kommt es durch den Austausch der Komponenten zu einem grundlegenden Wechsel der Regimearchitektur. Der Wechsel von traditionellen Fabriken zur Massenproduktion ist ein Beispiel für diesen *transition pathway* (vgl. ebd.: 411).

Die Typologie ermöglicht auch eine differenzierte Untersuchung laufender und beginnender Transitionprozesse, weist aber einige Schwachstellen auf. Die Bezeichnungen der einzelnen Entwicklungspfade sind teilweise nicht sehr eingängig oder klar abzugrenzen. So wird beispielsweise der Begriff «**Transformation**» im Sprachgebrauch oft mit Transition gleichgesetzt und eignet sich als Bezeichnung eines bestimmten *transition pathways* nur bedingt.

Ein weiterer Schwachpunkt ist die Zweiteilung in der Entwicklung der Nischeninnovationen, denn in der Ausformulierung der *pathways* tritt eine dritte Unterscheidung auf. Die Radikalität der Innovationen bzw. Kompatibilität mit existierenden Technologien und Praktiken ist zwischen P3 und P4, die beide entwickelte Nischeninnovationen als Merkmal haben, unterschiedlich. In P3 können einzelne oder eine radikale Innovation den Wettbewerb mit den bis dahin vorherrschenden Systemkomponenten gewinnen und ein neues Regime aufbauen. In P4 geschieht der Regimewechsel durch ein Aufeinanderfolgen von vielen Innovationen, die als Zusatzkomponenten in das bestehende Regime eingearbeitet werden und erst mit der Zeit das Regime grundlegend verändern. Neben nicht ausreichend entwickelten Nischeninnovationen (a) kann zwischen bereits entwickelten, einzelnen grundlegenden Nischeninnovationen (b1) und bereits entwickelten Nischeninnovationen als *add-ons* und Austauschkomponenten (b2) unterschieden werden.

Die Einteilung in *transition pathways* von GEELS und SCHOT (2007) ist für die weitere Untersuchung von Suffizienz in der Stadtentwicklung interessant, da sie Anhaltspunkte für die Analyse der Energiesuffizienz fördernden Maßnahmen bietet. Sie gibt Anhaltspunkte zur Untersuchung, um welche Art von Innovationen es sich im Forschungsfeld handelt und wie weit sie entwickelt sind. Darüber hinaus richtet sie das Augenmerk auf Entwicklungen der Landschaftsebene. Außerdem entschärft die Typologie einen häufig diskutierten Kritikpunkt des MLP-Konzeptes. Ein Schwachpunkt,

auf den MARKARD et al. (vgl. 2012: 963) hinweisen, ist die zu sehr vereinfachende Annahme der Aufteilung und Trennung von Akteuren, die entweder in der Nische oder im Regime aktiv sind. Bei den Typen P1 und P4 wird deutlich, dass durchaus Akteure, die dem vorherrschenden Regime zugeordnet werden, bei der Bildung und Etablierung von Innovationen maßgeblich beteiligt sein können. Somit kann sich das Regime von innen heraus zu einem anderen Regime entwickeln, ohne dass es einen radikalen Regimewechsel mit grundlegend anderen Akteuren und radikal neuen Innovationen geben muss. Dies wiederum führt auch zu dem generellen Problem der abstrakten und konzeptionellen Trennung von Nische, Regime und Landschaft im MPL-Konzept, die in der Empirie nicht immer aufrechterhalten werden kann (vgl. Maassen 2012: 444, Berkhout et al. 2003: 8). Je nach Anwendungsfeld und Systemgrenzen ist die Unterteilung unterschiedlich kompliziert. Dies gilt beispielsweise auch bei der Konzeptionalisierung und Operationalisierung der städtischen Ebene in der Transition-Forschung. Die Rolle der Stadt ist erst vor wenigen Jahren in den Fokus gerückt. Zu Beginn wurde das MLP-Konzept hauptsächlich auf die Analyse und Gestaltung von nationalen Transitionen angewandt. Unklar bleibt bislang, wie die lokale Ebene im MLP-Konzept verortet wird (vgl. Hodson/Marvin 2011: 58). Dabei wird die Stadt sowohl als Nische konzeptionalisiert, wo sich in einem räumlich begrenzten Gebiet Innovationen entwickeln können, als auch als Regime mit lokalen Akteuren, Technologien und Institutionen definiert, die unter Wandlungsdruck geraten können. Darüber hinaus wird die Stadt auch als ein zentraler politisch-administrativer Akteur im Transition-Prozess angesehen (vgl. Hodson et al. 2011:199 ff., Hodson/Marvin 2012: 423). SPÄTH und ROHRACHER (vgl. 2012: 466) lokalisieren die städtische Ebene außerhalb oder vielmehr quer zu den Ebenen von Nische, Regime und Landschaft. Ihrer Auffassung nach ist die lokale Ebene groß genug, um Regimeeigenschaften zu entwickeln und gleichzeitig über Nischenentwicklungen und allgemeine gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Trends Druck auf das Regime auszuüben (vgl. ebd.). Die große Pluralität bei der Konzeptionalisierung der städtischen Ebene in der Transition-Forschung weist auf eine gewisse Beliebigkeit der Anwendung hin, ermöglicht aber auch einen fall- und fragespezifischen Gebrauchszuschnitt in der Forschung.

Die Tatsache, dass es in einigen Sektoren viele verschiedene nachhaltige Nischeninnovationen und damit mögliche Transitionspfade hin zu nachhaltigen Entwicklungen gibt, zeigt die Bedeutung von Visions- und Szenarienentwicklung auf. So können verschiedene Wege im Vorhinein theoretisch ausgearbeitet und bewertet werden. Beispielsweise werden in der Nachhaltigkeitsdiskussion in jeder der drei maßgeblichen Strategien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz Lösungsansätze zur nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise gesehen. Es besteht auch Einigkeit, dass die Strategien gemeinsam wirken. Somit ist es denkbar, dass Innovationen in jeder Strategie schließlich zusammen ein neues Regime bilden können. Auch in der Stadt wird es verschiedene Nischeninnovationen geben, die das Potenzial haben, das vorherrschende Energieregime zu wandeln. Eine Methode zur Erstellung von Szenarien ist die Methode der

*transition scenarios*, die in ihrer Entwicklung stark an die theoretisch-konzeptionellen Vorüberlegungen der Transition-Forschung angelehnt ist.

Bevor nun zentrale Thesen für die Problem- und Maßnahmenanalyse zur Förderung der Energiesuffizienz auf städtischer Ebene aus den theoretischen Vorüberlegungen der Transition-Forschung abgeleitet werden, stellt der folgende Abschnitt die Vorteile der städtischen Ebene zur Untersuchung von nachhaltigen Transitionen auf Grundlage der Transition-Forschung und seiner Konzepte heraus.

SPÄTH und ROHRACHER (vgl. 2012: 475) machen deutlich, dass Städte oft nicht nur einen günstigen Raum für Experimente bilden, sondern sie überbrücken die Nische-Regime-Unterscheidung und bieten einen einheitlichen sozialen Kontext für die Integration sozio-technischer Konfigurationen. Die Nähe der Akteure zueinander und die direkte Auswirkung der getroffenen Maßnahmenentscheidungen auf die Alltagswelt sind Vorzüge dieser Ebene.

Ein weiterer Vorteil der städtischen Ebene ist, dass Städte oder Regionen in der Maßnahmeneinführung manchmal schneller als der Nationalstaat sind, da lokale Besonderheiten schnellere Handlungen ermöglichen bzw. erfordern. Zum Beispiel ist ein Gesetz gegen Luftverschmutzung in Los Angeles in den 1960er-Jahren aufgrund der schlechten Luftqualität durch Abgase eingeführt worden, während in Kalifornien und auf nationaler Ebene ein solches Gesetz nicht mehrheitsfähig gewesen wäre (vgl. Cook 2011: 112). So können Städte als Vorreiter für die höheren administrativen Ebenen dienen.

HODSON und MARVIN (vgl. 2012) stellen heraus, dass im Transition-Ansatz das Regime üblicherweise auf nationaler Ebene verortet wird. Wenn nun von *urban low carbon transition* gesprochen wird, ist das Energieregime auf eine andere räumliche Ebene als der nationalen angesiedelt. Das verändert sowohl die Bedeutung der Stadt als auch des Regimes und fordert vermittelnde Organisationen, die den Übergang gestalten (vgl. ebd.: 423). Wer diese Akteure auf städtischer Ebene sein können, wird in der Fallstudie für Vohwinkel untersucht.

### 3.2 Der Akteurzentrierte Institutionalismus

Der Transition-Ansatz betont in seinen Unterkonzepten zwar die Bedeutung von Akteuren und deren Interaktion im Handlungsfeld, bietet darüber hinaus aber wenig konkrete Ansätze zur theoriegeleiteten Schaffung von Systemwissen in der Praxis. Aus diesem Grund wird in der Phase der Problemanalyse (Kapitel 6) bei der Akteursanalyse (Kapitel 6.1) sowie Analyse des Handlungsfeldes und Problemstrukturierung (Kapitel 6.2) auf Teilaspekte des Akteurzentrierten Institutionalismus (AZI) zurückgegriffen. Dieser Ansatz wurde gewählt, da er gleichzeitig eine akteurzentrierte und institutionelle Herangehensweise ermöglicht. Strategischen Handlungen und Interaktionen wird die gleiche Bedeutung beigemessen wie ermöglichenden, beschränkenden und prägenden Effekten institutioneller Strukturen. Der Ansatz lässt eine systematische Untersuchung von Akteurskonstellationen in Verbindung mit Interaktionsformen zu. Er bietet konkre-



te Analysevariablen, die ein bislang wenig untersuchtes Forschungsfeld wie die Energiesuffizienz zu strukturieren helfen. In der Stadtentwicklungs- und Raumplanungsfor- schung wurde der Ansatz bereits mehrfach in empirischen Untersuchungen angewandt (vgl. bspw. Hackenberg 2015, Diller 2013, Kreuzer/Scholz 2011).

Der Ansatz des Akteurzentrierten Institutionalismus wurde in den 1990er-Jahren von R. MAYNTZ und F. SCHARPF (vgl. 1995: 39 ff.) entwickelt, um zunächst in der Politikfeldforschung Akteure, Akteurskonstellationen und Interaktionen zu untersuchen. Ziel des Ansatzes ist es, systematisch Wissen zu generieren, welches der Praxis zum einen hilft realisierbare Lösungen für zuvor definierte Probleme zu entwickeln. Zum anderen hilft der analytische Rahmen beim Entwurf von Institutionen, die die Formulierung und Umsetzung gemeinwohlorientierter Politik unterstützen (vgl. Scharpf 2006: 84 f.). Es werden sowohl der institutionelle Kontext als auch die indivi- duellen Akteursmerkmale sowie Besonderheiten der Handlungssituation als Analyse- komponenten erfasst (vgl. Schmidt 1998: 45).

Zwei Begriffe sind zum Verständnis des Akteurzentrierten Institutionalismus von hoher Bedeutung: Akteure und Institutionen. Unter «Akteuren» werden Handlungsein- heiten verstanden, die an der Formulierung und Umsetzung gesellschaftlicher Wand- lungsprozesse und Handlungsmaßnahmen beteiligt sind (vgl. Schneider 2009: 192). Da Individuen oft im Namen und im Interesse einer größeren Gruppe oder Organisation handeln, wird vielfach eine Unterteilung in individuelle und komplexe Akteure vorge- nommen. Als individuelle Akteure werden daher einzelne Menschen aufgefasst, die in soziale Handlungen involviert sind. Komplexe Akteure, wie beispielsweise Unterneh- men, politische Parteien oder zivilgesellschaftliche Organisationen, zeichnen sich dadurch aus, dass sie viele individuelle Akteure zu einer Handlungseinheit zusammen- schließen und im günstigsten Fall ein einheitliches Ziel verfolgt wird. Die komplexen Akteure sind somit durch institutionelle Regeln konstituiert (vgl. Scharpf 2001: 136 f., 150 ff.). Komplexe Akteure wiederum werden unterteilt in kollektive und korporative Akteure. Kollektive Akteure (bspw. Bürgerbewegungen) sind von den Präferenzen ih- rer Mitglieder abhängig und werden von diesen kontrolliert. Die Handlungsressourcen verbleiben ohne formale Organisation bei den Mitgliedern. Mitglieder korporativer Ak- teure (bspw. Unternehmen/Behörden) legen ihre Ressourcen zusammen, die dann von einer (hierarchischen) Führung kontrolliert werden (*top-down*-Organisationen) oder über die mit Mehrheitsentscheidungen (bspw. Parteien) entschieden wird (vgl. Blum/Schubert 2009: 53). Ein Ziel der Akteursanalyse ist die Erfassung von Aspekten der Akteurskonstellation auf allen Ebenen unter Einbeziehung aller staatlichen und nichtstaatlichen Akteure, die an dem zu untersuchenden Sachverhalt beteiligt sind (vgl. Schneider/Janning 2006: 92). Der zu untersuchende Sachverhalt ist in der vorliegenden Arbeit die Einführung und Umsetzung von Energiesuffizienz fördernden Maßnahmen im Bereich der zukunftsfähigen Stadt(teil)entwicklung in Vohwinkel.

Der zweite zentrale Begriff des Akteurzentrierten Institutionalismus ist der in der Fachliteratur nicht eindeutig definierte Begriff «Institution». Daher ist zu klären, wie er

in diesem Kontext verwendet wird. MAYNTZ und SCHARPF wählen ein enges Konzept, in dem sie unter dem Begriff «Regelsysteme» verstehen, welche Handlungsverläufe strukturieren, die den Akteuren offenstehen. Somit umfasst «Institution» nicht nur formell-rechtliche Regelungen, sondern bezieht auch soziale Normen mit ein, die beachtet werden müssen, um keine gesellschaftliche Missbilligung zu riskieren. Die Regelsysteme prägen somit die Wahrnehmung, Präferenzen und Fähigkeiten der Akteure (vgl. Blum/Schubert 2009: 43). Hierbei werden unter Fähigkeiten die Handlungsressourcen zusammengefasst, die ein Akteur besitzt, um eine Maßnahme oder ein Ziel zu beeinflussen. Zu den Handlungsressourcen zählen nach SCHARPF (vgl. 2001: 142) Merkmale wie Intelligenz, Human- und Sozialkapital, materielle Ressourcen (z.B. Geld, Grundstücks- und Immobilienbesitz), technologische Ressourcen, physische Stärke, ein privilegierter Informationszugang sowie institutionelle Regeln. Der institutionelle Kontext beeinflusst die Wahrnehmung der Akteure. Zum einen steuert die Zugehörigkeit zu einer Akteursgruppe die selektive Wahrnehmung der Person, indem sie die Aufmerksamkeit auf unterschiedliche Phänomene lenkt. Zum anderen bestimmen institutionelle Verpflichtungen auch die Einschätzung der Bedeutung von Sachverhalten (z.B. dem Klimawandel), die von den verschiedenen Akteuren wahrgenommen werden (vgl. Scharpf 2006: 79).

Zwei Aspekte müssen bei der Bedeutung von Institutionen beachtet werden. Erstens können Institutionen räumlich und zeitlich variieren, weshalb der Ansatz nur eine Momentaufnahme des Falls zeigt. Zweitens sind es nicht nur Institutionen, die Entscheidungen und Ergebnisse beeinflussen. Auch persönliche Eigenschaften und Motive spielen eine Rolle bei der Untersuchung von Wahrnehmung, Präferenzen und Handeln der Akteure (vgl. Scharpf 2006: 82 f.).

Auch **Interaktionsformen** zwischen Akteuren bestimmen das Handeln in einem Untersuchungsfeld. SCHARPF (vgl. 2001: 145 f., 158 f.) unterscheidet zwischen vier wesentlichen Arten der Interaktion. Hierzu zählten:

- 1) Einseitiges Handeln
- 2) Verhandlungen
- 3) Mehrheitsentscheidungen
- 4) Hierarchische Steuerung

Die Problemlösungsfähigkeit steigt mit aufsteigender Nummerierung, denn die Interaktionsform kann in vielen Fällen die Fähigkeit der Entscheidungsfindung mit beeinflussen. Akteure und Handlungsfelder, die nur auf Verhandlungen angewiesen sind, haben oft eine geringere Durchsetzungskraft als welche, die auf Mehrheitsentscheidungen und hierarchische Entscheidungen zurückgreifen können. Interaktionsformen werden ihrerseits von institutionellen Regeln beeinflusst und unterscheiden sich in ihren Anforderungen an institutionelle Arrangements. So kann einseitiges Handeln weitgehend ohne institutionelle Strukturen stattfinden. Verhandlungen hingegen sind auf

Strukturen angewiesen, die den verbindlichen Charakter von Vereinbarungen sichern. Noch anspruchsvoller sind die institutionellen Regeln bei Mehrheitsentscheidungen und dem hierarchischen Handeln.

### 3.3 Maßnahmen(kategorien) und deren qualitative Wirkungsebenen

Um energiesuffizientes Verhalten zu fördern, können von verschiedenen Seiten Maßnahmen und Strategien entwickelt werden, die das Verhalten in eine gewollte Richtung zu lenken versuchen. Nach KÜNNE et al. zählt die Entwicklung von Maßnahmen im Rahmen der Stadtentwicklung und Verkehrsplanung «zu den primären Aufgaben des Ingenieurs» (2005: 14). Doch wird auch betont, dass sie interdisziplinär erfolgen sollte, da neben baulichen auch ökonomische, ökologische und ordnungspolitische Einflussbereiche erfasst werden (vgl. ebd.). Im Folgenden werden vier Analyse-kategorien für Strategien und Maßnahmen vorgestellt, die sie von verschiedenen Gesichtspunkten beleuchten und zu strukturieren helfen.

#### **Push- und Pull-Maßnahmen**

In der Fachliteratur gibt es verschiedene Ansätze, um die Art der Maßnahmen zu strukturieren. Die grobe Einteilung in Push- und Pull-Maßnahmen stammt ursprünglich aus dem Marketingbereich und wird heute häufig in den Verkehrswissenschaften angewandt. Push-Maßnahmen haben zum Ziel, das nicht gewünschte Verhalten zu erschweren (z.B. Parkplatzreduzierung in der Innenstadt zur Reduzierung des MIV). Pull-Maßnahmen fördern das gewollte Verhalten (z.B. breitere Fußgängerwege für die Unterstützung des Fußverkehrs). Daneben gibt es Maßnahmen, die beide Effekte in sich vereinen, z.B. Veränderung der Ampelschaltung zugunsten von Fußgängern/Radfahrern und zur Verlangsamung des motorisierten Verkehrs (vgl. Harms/ Probst 2008: 80, Topp 1993).

#### **Veränderungsebene**

Im Bereich der Umweltpolitik wird im Allgemeinen das Maßnahmeninstrumentarium unterschieden in (vgl. Jänicke et al. 1999: 100):

- Ordnungsrecht
- Planungsrecht
- finanzielle Anreize
- Kooperation und Information

Diese Einteilung an Maßnahmen bezieht sich größtenteils auf staatliche Akteure und lässt sich durch eine weitere Ausdifferenzierung auf einen größeren Akteurskreis

im Bereich Suffizienz in der Stadtentwicklung erweitern und in der Falluntersuchung anwenden:

- Veränderung der organisatorischen Gestaltung
- Veränderung der städtebaulichen Struktur/Raumstruktur
- bauliche Veränderungen am Einzelobjekt
- Veränderung der Informationsbasis/des Bewusstseins

### **Das Konzept der vier E's**

Um einzelne Strategien und Maßnahmen auf städtischer Ebene bezüglich ihrer Veränderungswirkung auf verschiedene Lebensbereiche der Menschen zu bewerten, bieten sich verschiedene Kategorien an. In der Suffizienzdiskussion hat SACHS bereits 1993 das Konzept der vier E's entwickelt, um Felder zu definieren, die Handlungsbereiche für ein energiesuffizientes Leben anzeigen (vgl. Schneidewind/Zahrnt 2013: 52 ff., Sachs 1993: 69 ff.):

- **Entschleunigung:** Langsamer, angemessener Rhythmus bezogen auf die zur Verfügung stehende Zeit (Alltag, Lebensrhythmus, Urlaub/Freizeit)
- **Entflechtung und die Renaissance der Orte:** Bezogen auf den Raum, in dem Menschen ihren Lebensmittelpunkt definieren und Güter produziert werden
- **Entrümpelung:** Maßhalten; Ansprüche überdenken und ein Weniger an Dingen
- **Entkommerzialisierung:** Wertschöpfung jenseits des Marktes, Eigenversorgung sowie Teilen und Tauschen von Räumen und Dingen (Flexibilisierung der Nutzung)

Die Kategorien weisen Überschneidungen in der praktischen Umsetzung auf und bedingen sich gegenseitig. So führt die gemeinschaftliche Nutzung eines Trockners (Entkommerzialisierung) dazu, dass der private Trockner abgeschafft werden kann (Entrümpelung).

### **Häufigkeit der Interventionsmöglichkeit**

Bei der in Kapitel 2.6.1 vorgestellten Definition von energiesuffizientem Verhalten wird unterschieden in Verhaltensänderungen, die täglich aufs Neue getroffen werden (können) (z.B. Wahl der Raumtemperatur), und solchen, die nur periodisch entschieden werden und dann das Verhalten für längere Zeit bestimmen (z.B. Kauf/Anmietung einer Wohnung). Diese Unterscheidung ist auch bei der Kategorisierung der Wirkung von Maßnahmen von Interesse.

### 3.4 Bisherige Erkenntnisse und Thesen für den weiteren Verlauf

Die Transition-Forschung und ihre Konzepte scheinen nach Analyse der Literatur ein geeigneter theoretisch-analytischer Rahmen zu sein, um Energiesuffizienz als Nachhaltigkeitsstrategie in bestimmten Anwendungsfeldern (Raumwärme und Personenverkehr privater Haushalte) aus der bisher vorherrschenden theoretischen Betrachtungsweise (vgl. bspw. Stengel 2011a) empirisch auf der Ebene der Stadtentwicklung an einem konkreten Fall zu untersuchen. Zusammenfassend werden nun noch einmal die wesentlichen Erkenntnisse und Thesen für die weitere Untersuchung dargestellt.

Im Zentrum der Fallstudie steht die Entwicklung einer nachhaltigen Transition des Energiesystems auf städtischer Ebene (*sustainable urban energy transition*), wobei der Beitrag der Energiesuffizienz als eine Strategie der Nachhaltigkeitsförderung in den Feldern Personenverkehr und Raumwärme privater Haushalte untersucht wird. Als theoretischer Analyseansatz wird die Transition-Forschung mit einigen Konzepten gewählt, um das Forschungsfeld zu strukturieren und relevante Erklärungsmuster herauszuarbeiten. Der normativ geprägte Ansatz bietet sich an, da er eine umfassende Analyse des Handlungsfeldes auf verschiedenen Ebenen ermöglicht und darüber hinaus geeignet ist, gerade ablaufende und zukünftig zu entwickelnde Wandlungsprozesse zu strukturieren und vorauszudenken. Vom Konzept des *transition enabling cycle* sind für die empirische Betrachtung die Phase der Problemanalyse und die Phase der Visionsentwicklung von Bedeutung. Demzufolge wird eine Identifikation von Hauptakteuren in den untersuchten Feldern vorgenommen. Darüber hinaus werden die Interessen, Positionen und Handlungsressourcen dieser Akteure analysiert. Auf Grundlage von 15 Akteursgesprächen und einem Akteursworkshop wird das Problem strukturiert und mögliche Chancen und Hemmnisse werden identifiziert, die den Prozess der Suffizienzförderung beeinflussen. Außerdem werden erste Ansatzpunkte und konkrete Maßnahmen für die Förderung energiesuffizienten Verhaltens auf Ebene der Stadtentwicklung definiert. Daran anschließend werden in der Phase der Entwicklung von Visionen *transition scenarios* und andere Szenariopfade erstellt, die die Erarbeitung konkreter Nachhaltigkeitskonzepte und einer Agenda ermöglichen.

Auf Basis der Einteilung Landschaft, Regime und Nische des MLP-Konzeptes wird untersucht, ob Energiesuffizienz und deren Förderung auf Stadt(teil)ebene als Innovationsstrategien zu einer Transition hin zur Nachhaltigkeit führen. Das vorherrschende Regime wird definiert als derzeitige Lebens- und Wirtschaftsweise in den Bereichen Raumwärme privater Haushalte und Personenverkehr im Untersuchungsraum. Bestimmt werden diese vom Netzwerk der Hauptakteure, von formalen, normativen sowie kognitiven Regeln und von materiellen sowie technischen Elementen (bspw. infrastrukturelle Ausstattung). Die Ebene der Nische und der Landschaft werden anhand der Annahmen des *transition pathway* analysiert.

**Thesen:**

**These 1:** Strategien und Maßnahmen im Politikfeld «Energiesuffizienz(förderung)» am Beispiel der Stadtentwicklung sind (aus theoretischer Sicht) geeignet, um den Übergang zu einem nahezu klimaneutralen, nachhaltigen Energiesystem in der Stadt mitzugestalten.

**These 2:** Die erfolgreiche Ausrichtung der Lebens- und Wirtschaftsweise an den Indikatoren energiesuffizienten Verhaltens im städtischen Raum bedeutet einen grundlegenden Wandel (Transition) der bisherigen Entwicklung zu einem anderen System.

**These 3:** Die radikale Änderung bei Energiesuffizienz ist nicht die Technologie oder Maßnahme an sich, sondern das Ende einer jahrzehntelangen Entwicklung, die durch Nachfragewachstum bei vielen energieintensiven Verhaltensweisen geprägt ist, und die dahinterstehende Bewertung durch die Gesellschaft. Auf die Typologie des *transition pathway* bezogen, bedeutet dies P4 Umgestaltung (*reconfiguration*): Lawine trifft auf entwickelte Nischeninnovationen als add-ons und Austauschkomponenten.

## 4 Methodische Grundlagen

Ziel dieses Kapitels ist die Offenlegung des Prozesses der Erhebung, Aufbereitung und Auswertung der Datengrundlagen der vorliegenden Arbeit. Um den Erkenntnisweg nachvollziehbar zu machen, werden die angewandten Methoden erläutert und ihre Auswahl begründet. Zunächst werden in Kapitel 4.1 die einzelnen Datenerhebungsschritte dargestellt. Es folgen in Kapitel 4.2 die Erläuterungen zur Aufbereitung und Auswertung der Daten.

Innerhalb der empirischen, also auf systematische Erfassung von Tatbeständen ausgerichteten Forschung, haben sich zwei Strategien herausgebildet. Je nach Fragestellung und Ziel des Forschungsvorhabens wird auf quantitativ-analytischen Verfahren oder interpretativ-verstehende, die so genannten qualitativen Methoden, zurückgegriffen (vgl. Reuber/Pfaffenbach 2005: 21). Quantitative Forschung zielt auf die theoriegeleitete Erklärung der Realität durch das Aufdecken von Gesetzmäßigkeiten und deren intersubjektive Überprüfung durch Hypothesenbildung, aber auch auf Aussagen ab, die Prognosen und technische Anweisungen enthalten. Die Merkmale der zu untersuchenden Sachverhalte oder Häufigkeiten des Auftretens werden durch Zahlen abgebildet (vgl. Gläser/Laudel 2009: 26 f., Lamnek 2010: 13). Der Schwerpunkt qualitativer Methoden liegt hingegen auf dem Verstehen und Erkunden bislang wenig untersuchter und vorstrukturierter Forschungsgegenstände (vgl. Meier Kruker/Rauh 2005: 4). Vorrangige Ziele der qualitativen Sozialforschung sind es, die sozialräumliche Welt aus dem Blickwinkel der beteiligten Menschen zu erforschen und den Sinn des Handelns der Akteure zu verstehen (vgl. Reuber/Pfaffenbach 2005: 114).

Da das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf dem Verstehen der Wünsche und Handlungsmotive zur Förderung und Umsetzung suffizienten Verhaltens sowie der Einschätzung verschiedener Akteure der zukunftsfähigen Stadtentwicklung liegt, werden die Forschungsfragen größtenteils mit Methoden der qualitativen Sozialforschung beantwortet. Allerdings wird im Zuge der Langfristszenarien bis 2050 auch eine Abschätzung der Größenordnung des heutigen Energieverbrauchs und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes sowie der Einsparmöglichkeiten gegeben. Daher wird in diesem Teilabschnitt der Szenarien auf Daten in Form von Zahlen als Mess- und Schätzgrößen zurückgegriffen, die mit quantitativen Methoden erhoben und ausgewertet wurden. Die Szenariomethoden werden den Methoden der Zukunftsvorausschau zugeordnet (vgl. Fishedick et al. 2008: 66 f.).

Welche Methoden in der vorliegenden Arbeit wann angewandt wurden und warum sie gewählt wurden, wird im folgenden Unterkapitel erläutert. Darüber hinaus wird der Verlauf der Datenerhebung und -auswertung offen gelegt (Explikation), was bei qualitativer Forschung als eines der zentralen Gütekriterien gilt (vgl. Lamnek 2010: 19).

## 4.1 Datenerhebungen

In diesem Unterkapitel werden die fünf zentralen Phasen der eigenen Datenerhebung sowie das episodische Interview, die Fokusgruppendifkussion und die Ortsbegehung während der explorativen Strukturierungsphase der Arbeit dargestellt (vgl. Kapitel 1.3). Ein multimethodisches Vorgehen (vgl. Lamnek 2010: 245) bietet sich an, da mit steigendem Erkenntnisgewinn Methoden mit höherer Standardisierung eingesetzt werden können. Während zu Beginn des Forschungsprozesses die Gesprächspartner im Sinne des *Co-Designs* transdisziplinärer Forschung den Untersuchungsgegenstand sowohl inhaltlich-definitiv als auch räumlich zusammen mit der Autorin festgelegt haben, verlagert sich im weiteren Verlauf die Funktion der Befragten auf die Bereitstellung von Wissen. Die Generierung von Fachwissen ebenso wie von gesellschaftlich relevantem Transformationswissen steht während des gesamten Forschungsprozesses im Erkenntnisinteresse. Die Wissensgenerierung erfolgt fortlaufend als *Co-Production* zwischen Wissenschaft und Praxis. Bei der Datenerhebung wird zum Teil auf lang erprobte Standardmethoden der Datenerhebung (z.B. Experteninterview) zurückgegriffen, zum Teil auf unkonventionellere Methoden wie das Gedankenexperiment.

### **Datenerhebung der theoretisch-konzeptionellen Phase im Forschungsablauf**

In der theoretisch-konzeptionellen Phase (vgl. Kapitel 1) wurden drei Methoden der Datenerhebung angewandt: episodisches Interview (Kapitel 4.1.1), (Fokus)Gruppendifkussion (Kapitel 4.1.2) und Ortsbegehung (Kapitel 4.1.3).

#### *4.1.1 Episodisches Interview*

Zeitgleich zum Literaturstudium zu den Themen Suffizienz, Schrumpfung von Einwohnerzahlen in Städten und zukunftsfähige/klimaneutrale Stadtentwicklung wurden drei Befragungen mit Akteuren aus dem Untersuchungsraum Wuppertal durchgeführt, um gemeinsam mit ihnen das Forschungsthema weiter einzugrenzen und zu definieren. Die Interviewpartner kamen aus den Bereichen Stadtverwaltung Wuppertal, Wuppertaler Stadtwerke und zivilgesellschaftliche Vereine in Wuppertal. Aus der Vielzahl der in der Fachliteratur diskutierten qualitativen Interviewtechniken wurde das episodische Interview ausgesucht. Es bietet sich aufgrund mehrerer methodologischer Eigenschaften in diesem frühen Forschungsstadium an.

Die Befragung ist neben der Beobachtung und dem Experiment die zentrale Methode, um Einstellungen, Verhalten und Bewertungen über bestimmte Sachverhalte zu erheben. Das Interview gilt als häufigste Form der Befragung. Unter einem Interview wird ein kommunikativer, durch gegenseitige Erfahrung geprägter Prozess verstanden, bei dem durch Fragen verbale Reaktionen (Antworten, Erzählungen) hervorgerufen werden (vgl. Atteslander 2008: 101). Aufgrund des explorativen Vorgehens wurde das qualitative Interview ausgewählt. Aus der Vielzahl der in der Fachliteratur diskutierten qualitativen Interviewtechniken wurde das episodische Interview ausgesucht. Es bietet



sich aufgrund mehrerer methodologischer Eigenschaften in diesem frühen Forschungsstadium an. Diese Interviewform zeichnet sich nach LAMNEK (vgl. 2010: 331 f., 349 f.) durch weitgehende Offenheit in der Strukturierung des Ablaufs und Standardisierung der Fragen aus. Der Forscher besitzt ein gewisses Vorverständnis zum Untersuchungsgegenstand und ein Konzept ist bereits vorhanden. Dieses ist aber noch offen und kann durch den Befragten modifiziert werden bzw. wird gemeinsam mit dem Forscher entwickelt. Neben freien Erzählelementen werden vom Interviewer zielorientierte Fragen gestellt, was die Flexibilität des episodischen Interviews unterstreicht. All diese Punkte treffen auf die Anforderungen der Erhebungssituation in der vorliegenden Arbeit zu, weshalb sich die Methode für die Befragung zu diesen Zeitpunkten eignet. Insgesamt wurden drei Interviews in diesem Stil durchgeführt (vgl. Tabelle 4)

**Tabelle 4: Interviewpartner beim episodischen Interview**

Interviews	Akteursgruppe	Thematischer Schwerpunkt	Datum des Interviews
Interview 1 (mit drei Personen)	Stadtverwaltung Wuppertal	Definition und Eingrenzung des Themas; Vorüberlegungen zum räumlichen Bezugsrahmen	15.07.2010
Interview 2 (mit einer Person)	Wuppertaler Stadtwerke (WSW)	Energieinfrastrukturen in Wuppertal; Herausforderungen für die Zukunft	21.07.2010
Interview 3 (mit einer Person)	Zivilgesellschaftlicher Verein	Suffizienzverständnis, Bürgerschaftliches Engagement	07.03.2012

Quelle: eigene Darstellung

#### 4.1.2 (Fokus)Gruppendiskussion

Mit dem Ziel, eine konkrete räumliche Bezugsebene innerhalb Wuppertals für die weitere Untersuchung zu finden, in der langfristig viel Veränderungspotenzial in den Infrastrukturbereichen Raumwärmeversorgung und Verkehr vorhanden ist, wurde eine Gruppendiskussion als Erhebungsmethode durchgeführt. Im wissenschaftlichen Bereich findet die Gruppendiskussion laut LAMNEK (vgl. 2010: 374) im Gegensatz zum kommerziellen Feld relativ selten Anwendung und ist methodologisch wenig entwickelt. Dies bietet die Chance, eine auf die Bedürfnisse des Forschungsprozesses ausgestaltete Veranstaltung auszuarbeiten. Im vorliegenden Fall wurde eine ermittelnde Gruppendiskussion geführt, die als Gespräch einer Gruppe von Teilnehmern zu einem bestimmten Thema definiert wird (vgl. ebd.: 376). Basierend auf den Meinungen und Einschätzungen der einzelnen Teilnehmer, sollte als Ergebnis eine Empfehlung für einen Untersuchungsraum innerhalb Wuppertals generiert werden, der von der Mehrheit der Gruppe unterstützt wird. Solch ein Meinungsbildungsprozess ist allgemeines Ziel einer Gruppendiskussion (vgl. Diekmann 2007: 438). Die Auswahl der Teilnehmer erfolgte bewusst, um eine heterogene Gruppe in Bezug auf das konkrete Arbeitsfeld zusammenzustellen, was unterschiedliche Blickwinkel auf das Themengebiet ermöglicht. Dabei wurden die beiden Akteursgruppen angesprochen, die bereits in zwei der zuvor

geführten episodischen Interviews befragt wurden: Stadtverwaltung Wuppertal und Wuppertaler Stadtwerke. Insgesamt nahmen neun Teilnehmer aus verschiedenen Ressorts und Arbeitsbereichen an der Diskussion teil, die am 02.09.2010 im Wuppertaler Rathaus stattfand. In der Literatur werden unterschiedliche Anzahlen von Teilnehmern favorisiert. Mehrheitlich wird eine Größe von sechs bis 12 Personen vorgeschlagen (vgl. Mangold 1973: 210, Lamnek 2010: 396).

Neben den neun aktiven Teilnehmern und einem Diskussionsleiter haben drei Forscher weitgehend beobachtend an der Diskussion teilgenommen. Während der Diskussionsphase, wurden Orte in Wuppertal definiert, die aus heutiger Sicht bis zum Jahr 2050 große Veränderungen in Bezug auf Einwohnerzahl, Energieversorgungsstrukturen und Verkehrsentwicklung erwarten lassen. Zum Ende der Diskussion stellt der Stadtbezirk Vohwinkel nach Meinung der Gruppe den interessantesten Bezugsraum dar (Begründung siehe Kapitel 5.3). Das Ziel, einen konkreten Untersuchungsraum für die weitere empirische Arbeit zu definieren, ist somit erreicht worden, weshalb die Methodenwahl im vorliegenden Fall als angemessen bewertet wird. Insgesamt hat die Veranstaltung drei Stunden gedauert.

#### *4.1.3 Ortsbegehung mit Akteuren*

Sieben Wochen nach der Gruppendiskussion und Auswahl Vohwinkels fand am 22.10.2010 eine Ortsbegehung Vohwinkels mit Wuppertaler Akteuren statt (vgl. Abbildung 16). Die Ortsbegehung als Methode zur Erhebung von Wissen stammt aus dem alltagsweltlichen Bereich (z.B. Ortsbegehungen bei Planungsverfahren). Sie ist daher auch in transdisziplinären Forschungsprozessen gut integrierbar. Auch mit dieser Methode wird die soziale Wirklichkeit untersucht. Hier stehen aber nicht wie bei Beobachtungen, Befragungen und Experimenten menschliches Verhalten im Vordergrund, sondern die Produkte menschlicher Tätigkeit: baulicher Zustand der Gebäude, Geschäfte, Ort der Begegnung, Energieversorgungsstrukturen, Verkehrssituation. So gesehen ging es um die infrastrukturellen Voraussetzungen, die energiesuffizientes Verhalten im Alltag ermöglichen.

Ziel der Begehung war es, siedlungsstrukturelle Voraussetzungen/Gegebenheiten vor Ort zu erfahren und ein visuelles Verständnis für den Untersuchungsraum zu entwickeln. Außerdem wurden während der Begehung und anhand von konkreten Stationen Potenziale sowie Schwachstellen einzelner Viertel herausgearbeitet.

**Abbildung 16: Ortsbegehung am 22.10.2010 in Vohwinkel**

Quelle: eigene Aufnahmen

Im Vorhinein wurde die Streckenführung in einem Proberundgang getestet, ob die zeitliche Rahmensetzung eingehalten werden kann. Von den Teilnehmern der Gruppendiskussion nahmen vier an der Ortsbegehung teil, die fachliches Interesse und/oder spezielles Wissen zu Vohwinkel aufwiesen. Hinzu kam ein neuer Teilnehmer der WSW, der selbst in Vohwinkel lebt und somit nicht nur beruflich, sondern auch aus privater Sicht mit dem Stadtteil bestens vertraut ist. Somit erfolgte auch diese Gruppenzusammenstellung bewusst. Während der Begehung wurden Stichpunkte gemacht. Die Eindrücke aus der Ortsbegehung flossen in die weitere Entwicklung der Falluntersuchung mit ein.

### **Datenerhebung der Hauptphase der empirischen Untersuchung**

Ausführlicher eingegangen wird nun auf die Erhebungsmethoden in der Hauptphase der empirischen Untersuchung. Hierbei handelt es sich um das Experteninterview (Kapitel 4.1.4), die Akteursbefragung mit Gedankenexperiment (Kapitel 4.1.5), den Akteursworkshop (Kapitel 4.1.6), die Kartierung (Kapitel 4.1.7) und die schriftliche Expertenbefragung im Delphi-Verfahren (Kapitel 4.1.8).

#### **4.1.4 Experteninterview**

Mit 15 Experteninterviews, die von August bis Dezember 2011 geführt wurden, beginnt die erste (Haupt-)Phase der Datenerhebung. Das Experteninterview ist eine gut etablierte und wissenschaftlich ausgearbeitete Form der Befragung, die dazu genutzt wird, Einstellung und Einschätzungen von Experten über bestimmte Handlungsfelder zu erheben (vgl. bspw. Diekmann 2007: 210, Lamnek 2010: 655 ff., Gläser/Laudel 2009: 111 ff.).

Hauptziele der Experteninterviews in der vorliegenden Untersuchung waren:

- Die Erhebung von Daten für die Akteursanalyse im Handlungsfeld «Energiesuffizienz» sowie Handlungsoptionen in den Feldern Raumwärme und Personenverkehr (Vorbereitung für die zu bewertende Maßnahmenliste in den Akteursgesprächen)

- Überprüfung der Definition und Operationalisierung von energiesuffizientem Verhalten in den zwei Sektoren (theoretisches Analysekonzept)
- Informationssammlung über externe Rahmenbedingungen für die Szenario-Erstellung

Experteninterviews werden zu den wenig strukturierten Interviewformen gezählt. Das bedeutet, dass die Gesprächsführung sehr flexibel ist und sowohl die Anordnung als auch die Formulierung der Fragen dem Befragten und der Gesprächssituation angepasst werden können. Dies stellt hohe Anforderungen an den Interviewer, der bereits über ein gewisses Maß an Fachwissen verfügen muss, um gegebenenfalls den Gesprächsfluss in Gang zu halten (vgl. Atteslander 2008: 124). Da das Experteninterview besonders dazu geeignet ist, einen Überblick über den Forschungsgegenstand zu erhalten und neue Perspektiven aufzudecken, ist diese Form des Interviews in einer recht frühen Phase der Datenerhebung gewählt worden.

Alle Personen, die für ein Experteninterview ausgesucht wurden, sind nach REUBER/PFAFFENBACH (vgl. ebd. 2005: 63) als Experten zu bezeichnen, weil sie professionell mit den Forschungsthemen zu tun haben und daher einen guten Überblick über Teilaspekte des Handlungsfeldes geben können. Die in der vorliegenden Untersuchung ausgewählten Experten sind alle im Bereich Wissenschaft und Forschung tätig. Dieser Schritt verlässt die transdisziplinäre Ausrichtung des Untersuchungsdesigns, da in dieser Phase der Vorbereitung und inhaltlichen Präzisierung das Praxiswissen der lokalen Akteure nicht explizit integriert wird, sondern die wissenschaftliche Perspektive im Vordergrund steht.

Bei der Stichprobenbildung stand im Einklang mit den Anforderungen qualitativer Forschung nicht die statistische Repräsentanz im Vordergrund, sondern die Relevanz der Befragten für das Thema, d.h. die inhaltliche Repräsentation (vgl. Mayer 2012: 39). Dazu wurden in einem ersten Schritt Experten um einen Interviewtermin gebeten, die während der Literaturrecherche aufgrund von Fachpublikationen zu den Themenfeldern als relevant erschienen. Darüber hinaus wurden im «Schneeball-Verfahren» im Anschluss an die durchgeführten Interviews die Gesprächspartner gebeten, weitere interessante Interviewpartner zu nennen (vgl. Schnell et al. 2013: 292). Die so ausgewählten Experten kommen aus den vier inhaltlichen Schwerpunktbereichen Stadtplanung (4 Experten), Bauen und Wohnen/Raumwärme (4 Experten), Personenverkehr (5 Experten) und Suffizienz (2 Experten). Einige Experten weisen Forschungsschwerpunkte in mehreren Bereichen auf. Diese sind in der genannten Einteilung ihrem Hauptschwerpunkt zugeordnet, im Interview wurden aber alle relevanten Themenkomplexe angesprochen.

Der Interviewleitfaden ist in verschiedene Themenkomplexe eingeteilt (vgl. Mayer 2012: 44). Allen Experten wurden Fragen zum Themenkomplex «zentrale Akteure im Handlungsfeld» und «räumliche Ebene der Schrumpfung und Klimaneutralität» gestellt. Darüber hinaus enthielt der Leitfaden bestimmte Themenkomplexe, die nur den

jeweiligen Fachexperten gestellt wurden. Dazu zählen zum Beispiel die Komplexe «Operationalisierung von Suffizienz im Verkehrsbereich bzw. im Raumwärmebereich» oder auch die «Identifizierung von Maßnahmen» in den jeweiligen Sektoren.

13 Befragungen wurden als *Face-to-Face*-Interview am Arbeitsplatz der Experten oder an einem von ihnen vorgeschlagenen Ort durchgeführt. Zwei Interviews wurden auf Wunsch der Experten als Telefoninterviews geführt. Da sowohl die Länge als auch die Informationstiefe dieser Interviews sich nicht von den anderen unterscheidet, wurden sie gleichwertig ausgewertet. Die Interviews dauerten zwischen 45 und 75 Minuten. Sie wurden alle nach Absprache mit den Experten digital aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Da die inhaltlich-thematische Ebene im Vordergrund stand, wurde auf eine wörtliche Transkription mit Verzögerungslauten (wie «äh» oder «ähm») verzichtet und die Aufzeichnung ins Schriftdeutsch übertragen, wobei auch größere Satzbaufehler behoben wurden (vgl. Mayring 2002: 91).

Als Interviewstil wurde eine gelockerte Form des neutralen Interviews angestrebt, bei dem der Interviewer zwar Interesse an dem zeigt, was der Befragte sagt, ansonsten aber die Aussagen so wenig wie möglich beeinflusst (vgl. Atteslander 2008: 128).

Eine Auflistung der 15 befragten Experten mit Zuordnung zum Fachgebiet befindet sich im Anhang, Anlage 1. Die Implikationen der Experteninterviews sind sowohl in die Abgrenzung und Präzisierung von Energiesuffizienz in Kapitel 2.6 eingeflossen, als auch in die Problemanalyse mit der Akteursanalyse und Identifizierung von Ansatzhebeln (Kapitel 6).

#### 4.1.5 Akteursbefragung mit Gedankenexperiment

Nachdem die Experteninterviews ausgewertet, die neuen Erkenntnisse in das Analysekonzept integriert, die Akteursanalyse sowie eine erste Liste der Energiesuffizienz fördernden Strategien und Maßnahmen ausgearbeitet wurden, fanden von Mai bis August 2012 Akteursbefragungen mit 15 zentralen Vohwinkeler Akteuren statt.

Wie in Kapitel 3.2 dargelegt, werden Akteure in Anlehnung an SCHNEIDER (vgl. 2009: 192) definiert als Handlungseinheiten, die an der Formulierung und Umsetzung gesellschaftlicher Wandlungsprozesse und Handlungsmaßnahmen beteiligt sind. Im vorliegenden Fall stehen Akteure der lokalen Ebene im Erkenntnisinteresse. Für die Befragung wurden Akteure ausgewählt, auf die folgende Kriterien zutreffen:

- Sie wurden von den Experten als wichtige Akteure (Schlüsselakteure) im Handlungsfeld Suffizienzförderung der lokalen Ebene definiert
- Sie sind entweder direkt in Vohwinkel verankert oder sie sind auf gesamtstädtischer Ebene tätig, haben aber einen direkten Handlungsbezug zu Vohwinkel
- Sie besitzen sehr gute Ortskenntnisse von Vohwinkel

Die Akteursbefragung ist, anders als das Experteninterview, keine spezielle Form der Befragung. Die Bezeichnung «Akteurs-...» dient in der vorliegenden Arbeit als

Unterscheidungsmerkmal zu denjenigen Datenerhebungsschritten, die auf die Expertenmeinung abzielen. Die Akteursbefragung im vorliegenden Fall besteht aus zwei Datenerhebungsmethoden, die in einem Gespräch angewandt wurden. Begonnen wurde das Gespräch mit einem Gedankenexperiment, in dem die Gesprächspartner verschiedene Zukunftsbilder im Jahr 2050 für Vohwinkel entwerfen sollten. Daran anschließend folgte eine fokussierte Befragung, die zum einen die Einschätzung der Umsetzungsmöglichkeit einzelner, durch die Experteninterviews herausgearbeiteter Strategien und Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung erhebt. Zum anderen wurden durch die Befragung die Einstellung zur Energiesuffizienzförderung sowie die Selbsteinschätzung der Akteure zu Handlungsmöglichkeiten abgefragt.

Schwerpunktmäßig wird das Gedankenexperiment in der theoretischen Philosophie und theoretischen Physik angewandt und zählt dabei nicht zu den empirischen Erhebungsmethoden, d.h. es beruht nicht auf Erfahrung in der Praxis oder Erfahrungswissen real ablaufender Prozesse wie bspw. bei einem Experiment oder einer Feldforschung. Als Ausgangspunkt wird beim Gedankenexperiment lediglich die Vorstellungskraft benötigt. Während ENGELS (vgl. 2004: 34) der Überlegung «Gedanken- statt Realexperimente» nachgeht, wird in der vorliegenden Untersuchung das Gedankenexperiment eher als Vorstufe zu einem potenziellen Realexperiment gesehen. In der Zukunftsforschung wird das Gedankenexperiment als Methode genutzt, um Daten für Szenarien/Visionen zu erheben (vgl. bspw. Sondejker 2009).

Einem Gedankenexperiment liegt immer eine Art Versuchsanordnung zugrunde, was den Experimentalcharakter unterstreicht. Sie besteht aus mehreren Annahmen («Angenommen, man könnte...», «Stellen Sie sich vor...»). Bei einem Gedankenexperiment im engeren Sinn sind sie kontrafaktisch, also im Widerspruch zur Realität (bspw. «Angenommen die Wiedervereinigung Deutschlands hätte nicht stattgefunden,...»). Hingegen sind die Annahmen bei einem Gedankenexperiment mit realitätsbezogenen Prämissen in der Wirklichkeit tatsächlich möglich, können aus Zeit- oder Kostengründen (äußere Gründe) oder moralischen Normen nicht durchgeführt werden (vgl. Engels 2004: 14 f.). Die letztere Form wird im vorliegenden Fall angewandt. Keine Rolle spielt, ob das Mögliche wahrscheinlich oder unwahrscheinlich ist. Annahmen haben die Funktion eines Katalysators. Sie werden nicht verifiziert oder falsifiziert und haben keinen Wahrheitsanspruch, sondern dienen dazu, bestimmte Überlegungen zu ermöglichen, die ohne sie nicht durchgeführt werden. Beispielsweise wird im vorliegenden Gedankenexperiment angenommen, dass die Prognose des Einwohnerrückgangs in Vohwinkel für das Jahr 2050 zutrifft. Dies ist prinzipiell denkbar, kann aus heutiger Sicht nicht falsifiziert werden, dient aber als Katalysator zur Überlegung von zukünftigen Bildern der Siedlungsstruktur und Lebensweise in Vohwinkel. Annahmen dürfen aber auch keine Widersprüche enthalten. Der Formulierung dieser Basis folgt eine Frage oder ein Fragenkomplex (vgl. ebd.). Im vorliegenden Fall wurden Fragen zu den Themenkomplexen «Reaktion auf Schrumpfung», «Räume für Veränderung», «zukünftige Chancen und Probleme» in Vohwinkel gestellt. Das eigentliche Experi-

ment besteht in den Überlegungen, die zur Beantwortung der aufgeworfenen Fragen führen. Der Ausgang des Experimentes ist offen.

Zum Gedankenexperiment gehört auch immer ein größerer Rahmen, in dem es durchgeführt wird. Denn seine Funktion besteht in der Beantwortung von übergeordneten Fragen oder der Lösung übergeordneter Probleme, in diesem Fall der Analyse von zukunftsfähigen Strategien zur energiesuffizienten Lebensweise in der Stadt. Den ersten Teil des Rahmens bildet der Prolog. Er beinhaltet Angaben zur Ausgangssituation und zu Motiven des Handelns. Im Prolog der vorliegenden Untersuchung wurden die Ziele und Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit dargelegt. Außerdem wurden die zentralen Annahmen zur Ausgangssituation im Jahr 2050 entsprechend der Versuchsanordnung erläutert. Sie beziehen sich auf die Punkte CO<sub>2</sub>-Emissionsziele, Schrumpfung in Vohwinkel und Energiesuffizienz. Der zweite Teil des Rahmens bildet den Epilog, wo Überlegungen angestellt werden, wie die aus dem Gedankenexperiment gewonnenen Antworten zu bewerten sind und welche Konsequenzen aus ihnen zu ziehen sind (vgl. Engels 2004: 14 f.). Diese Aspekte wurden im Anschluss an das jeweilige Akteursgespräch mit dem Interviewpartner kurz angesprochen, als das weitere Vorgehen dargestellt wurde. Außerdem waren diese Punkte Teil der Themen des Akteursworkshops. Während in den theoretischen Wissenschaften das Gedankenexperiment von den Forschenden selbst durchdacht wird, fiel im vorliegenden Fall diese Rolle den Praxisakteuren zu.

Zur visuellen Unterstützung der räumlichen Entwicklungsmöglichkeiten wurde eine Karte von Vohwinkel bereitgestellt, auf der Fotos von 8 verschiedenen Quartieren des Bezugsraums dargestellt wurden. Während des Gedankenexperimentes wurden, wenn es die Gesprächssituation zuließ, mit Klebezetteln Orte markiert, die von dem Gesprächspartner als Räume des Wandels (Potenziale/Problemfelder) identifiziert wurden.

Das Gedankenexperiment mit verschiedenen Akteuren bietet sich zur Erhebung von Daten für langfristige Zukunftsbilder im vorliegenden Fall an, da durch die Annahmen eine Loslösung von kleinschrittigen Entwicklungsüberlegungen unterstützt wird. Gerade bei langen Betrachtungszeiträumen von 35 bis 40 Jahren hilft die Formulierung von Annahmen als Gerüst des Gedankenexperiments, um tiefgreifende Wandlungen und Umstrukturierungsprozesse des heutigen Systems denkbar zu machen. Außerdem eignet sich das Gedankenexperiment mit Akteuren dazu, Denk- und Lernanstöße sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf Praxisseite anzustoßen, da eine vertiefte Auseinandersetzung und ein Hineinversetzen in die Situation gefordert sind. Da die Entwicklung verschiedener Zukunftsvorstellungen, Befürchtungen und Wünsche aus heutiger Sicht im Erkenntnisinteresse des Gedankenexperimentes steht, kann dieses im, hier angewandten Sinn als Form der empirischen Erhebungsmethode bezeichnet werden.

Der zweite Teil des Akteursgesprächs bezog sich auf die Einschätzung der Realisierungschancen der von den Experten als wichtig erachteten Strategien und Maßnahmen zur Förderung energiesuffizienten Verhaltens. Dabei konnten die Realisierungschancen anhand von vier Kategorien plus der Möglichkeit, keine Antwort zu geben, bewertet

werden. Zudem wurde gefragt, ob bestimmte Gebiete in Vohwinkel sich besonders anbieten und in welchen Stadtbautypen die Umsetzung denkbar wäre. Nach dieser standardisierten Bewertung bekamen die Akteure Gelegenheit, weitere Ansatzhebel zu nennen. Zum Ende des Gesprächs wurde ein Fragenkomplex mit geschlossenen und offenen Fragen zum Thema Selbsteinschätzung der Akteure in Bezug auf Förderung von Energiesuffizienz gestellt.

Eines der wichtigen Ziele der Akteursgespräche ist es, ein besseres Verständnis der Wünsche und Handlungsmotive zu suffizientem Verhalten von den Akteuren zu erlangen. Außerdem fließen die Einschätzungen der externen und internen Parameter in die Entwicklung der Szenarien mit ein. Die Akteursgespräche sind zudem ein wichtiger Baustein der Akteursanalyse. Sie tragen dazu bei, die Sicht der Akteure auf ihre eigene Rolle im Prozess der Herstellung zukunftsfähiger und Energiesuffizienz fördernder Stadtstrukturen zu analysieren.

Nachdem die Experten (Forschung) die Möglichkeiten, Probleme und Maßnahmen der Unterstützung energiesuffizienten Verhaltens auf allgemeiner Ebene bewertet haben, dienen die Akteursgespräche dazu, die theoretischen Vorüberlegungen auf den konkreten Raum zu übertragen. Die Aussagen der Akteure bilden die Grundlage für die erste Entwicklungsstufe der Vohwinkeler Szenarien. Als Akteure, die vor Ort auf unterschiedliche Weise aktiv sind, haben sie nicht nur genaue Kenntnisse der derzeitigen Situation in Vohwinkel, sondern können wichtige Hinweise für zukünftige Entwicklungsperspektiven geben.

Fokussierte Einzelgespräche der verschiedenen Schlüsselakteure bieten sich an dieser Stelle an, da sowohl die Selbsteinschätzung der unterschiedlichen Akteursgruppen in der langfristigen Förderung von energiesuffizientem Verhalten als auch ihre Meinung zur Umsetzung bestimmter Maßnahmen analysiert werden. Dabei besitzen die Ergebnisse keine Verallgemeinerbarkeit, da die Auswahl der Gesprächspartner bewusst erfolgte. Neben einer Desktop-Recherche nach Vertretern der Akteursgruppen wurde wieder das Schneeballverfahren angewandt (vgl. Kapitel 4.1.4).

Aus konzeptioneller Sicht stellen die Akteursgespräche die zweite Phase der Datenerhebung dar. Durch die Einbeziehung des Wissens gesellschaftlicher Akteure entsteht «robustes Wissen», was wiederum zu Lernprozessen in Wissenschaft und Gesellschaft führt. Durch diesen gemeinsamen Lernprozesse auf Augenhöhe besteht die Chance, einen Beitrag zur zukunftsfähigen Entwicklung des Mensch-Umwelt-Systems zu leisten (vgl. Schneidewind/Smrekar 2012: 65). Damit erhält die Ausrichtung des Forschungsdesigns der Arbeit eine weitere transdisziplinäre Komponente.

Die 15 Gespräche wurden anhand eines Fragebogens durchgeführt und haben zwischen 40 Minuten und 2,5 Stunden in Anspruch genommen. Die Liste der interviewten Akteure mit der Zuordnung zu den Akteursgruppen befindet sich im Anhang, Anlage 2. Da mehrere Gesprächspartner nicht namentlich genannt werden möchten, wurde insgesamt darauf verzichtet. Allerdings wurde die Akteursgruppe, der der Interviewpartner zuzuordnen ist, aufgeführt. Die Gespräche wurden digital aufgezeichnet und anschlie-



bend ins Schriftdeutsch transkribiert. Die Auswertungen flossen in die Akteursanalyse und die Szenarienentwicklung ein.

#### 4.1.6 Akteursworkshop

Nach Auswertung der Akteursgespräche und Ausformulierung erster Szenarien für Vohwinkel wurde am 25.10.2012 ein halbtägiger Workshop in den Räumen des Wuppertal Instituts abgehalten, zu dem alle zuvor interviewten Personen eingeladen waren. Sechs Schlüsselakteure nahmen an der Veranstaltung teil. Damit lag die Teilnehmerzahl am unteren Rand der idealen Gruppengröße für Diskussionen (vgl. Mangold 1973: 210, Lamnek 2010: 396). Da die meisten Personen mehrere Funktionen innerhalb der übergeordneten Akteursgruppen «Kommune», «Bürger», «Immobilienmarktakteure», «Zivilgesellschaftliche Akteure», «Wirtschaft», «Verkehrsunternehmen» und «bekannte Persönlichkeiten auf lokaler Ebene» innehaben, war es möglich, dass aus jeder Gruppe mindestens ein Vertreter anwesend war.

Auch der Akteursworkshop ist eine nicht fest definierte Methode. Der im vorliegenden Fall zur Datengewinnung angewandte Weg enthält Elemente, die in der Fachliteratur mit verschiedenen Begriffen beschrieben werden, die sich in den wenigsten Fällen scharf abgrenzen lassen und sich teilweise aufeinander beziehen. Beispiele dafür sind: Zukunftswerkstatt (vgl. bspw. Jungk/Müllert 1989), Werkstattgespräch und Zukunftswerkstatt (vgl. bspw. von Winterfeld 2011). Im Unterschied zu den genannten Methoden fanden die Kritik- und Phantasiephasen mit der Aufnahme der derzeitigen Situation und des Gedankenexperiments bereits in den Einzelgesprächen und nicht in der Gruppe statt. Im Vordergrund des Workshops standen die Diskussion der ersten Fassung der Szenarien (Grundlage für die Verwirklichungsphase), die auf Basis der Einzelgespräche erstellt worden war, sowie die Vernetzung der Akteure untereinander (Akteursarena). Somit enthält dieser Workshop sowohl ermittelnde Elemente als auch eine vermittelnde Komponente (vgl. Lamnek 2010: 375 f.). Des Weiteren basiert der Akteursworkshop auf methodischen Aspekten der Gruppendiskussion, wie sie auch in Kapitel 4.1.2 angewandt wurden.

Im ersten Teil des Workshops wurden die Ergebnisse der Akteursgespräche den Teilnehmern vorgestellt, um sicherzustellen, dass die Aussagen der Akteure richtig verstanden und interpretiert wurden. Außerdem sollte abgesichert werden, dass der Teilnehmerkreis des Akteursworkshops den Kernaussagen zustimmt. Da dies der Fall war, wurden im folgenden Teil die Annahmen für die allgemeinen Rahmenbedingungen der Szenarien präsentiert. Diese wurden von den Workshopteilnehmern befürwortet. Im dritten Teil wurden zunächst die drei Szenarien aus dem Bereich Personenverkehr dargelegt und anschließend mit den Akteuren diskutiert. Nach einer Pause folgte die Vorstellung und Diskussion der verschiedenen Szenarien aus dem Bereich Raumwärmenachfrage. Geleitet wurde die Diskussion von einem externen Moderator. Außerdem wurde ein Protokoll geführt, das als Grundlage für die Auswertung diente.

Die Akteure konnten gemeinsam an den vorgestellten Szenarien Änderungen und Ergänzungen vornehmen, was zum Ziel hatte, deren Akzeptanz zu erhöhen. Außerdem sollte so das für einige Akteure neue Thema der Suffizienz in Erinnerung gerufen werden, um es danach besser in die Arbeitswelt integrieren zu können. Durch die gemeinsame Diskussion mit den Forschenden sollten Lerneffekte bei den Akteuren und der Wissenschaft angestoßen werden, was die transdisziplinäre Komponente des Forschungsdesigns unterstreicht. Außerdem bestand das Ziel, die potenziellen Schlüsselakteure zur Förderung der Energiesuffizienz in Vohwinkel erstmals an einem Tisch zusammenzubringen und eine Austausch- und Vernetzungsplattform zu geben. So wurden auch im Anschluss an den Workshop Kontaktdaten ausgetauscht und unter den Akteuren Einladungen zur weiteren Diskussion ausgesprochen.

Das Erkenntnisinteresse des Workshops besteht darin, zu überprüfen, ob die einzeln erhobenen Einschätzungen der langfristigen Suffizienzförderung aus der Sicht der Akteure zu schlüssigen und konsistenten Szenarien zusammengefasst wurden. Dabei geht es nicht mehr nur um Einzelmeinungen, sondern um eine gemeinsame Bewertung durch die Akteure. Die Debatte über die vorläufigen Szenarien erbrachte einige neue Impulse für die Weiterentwicklung der Szenarien und sicherte viele Annahmen nochmals ab. Eine Tabelle mit Hintergrundinformationen zu den Teilnehmern befindet sich im Anhang, Anlage 3.

#### 4.1.7 Kartierung

Als Grundlage für die räumlichen Szenarien wurde im April 2014 eine Bestandsaufnahme der Vohwinkeler Nutzungs- und Versorgungsinfrastruktur erstellt, die verschiedene Zielorte der Wege in Vohwinkel darstellen (z.B. Ärzte, Parks und Grünanlagen, Schulen). Im Juni 2016 wurden die Daten erneut überprüft. Dies geschah mit der Methode der Kartierung aus dem Methodenkatalog der geographischen und raumwissenschaftlichen Forschung.

ATTESLANDER (vgl. 2008: 49) definiert als zentralen Gegenstandsbereich der empirischen Sozialforschung die Untersuchung der sozialen Wirklichkeit und unterscheidet weiter zwischen zwei konkreten Formen:

- a) Produkte menschlicher Tätigkeit: Bauten, Geschäfte, Ort der Begegnung etc.
- b) menschliches Verhalten

Durch die vorliegende Kartierung wurden Produkte menschlicher Tätigkeit erhoben. Ziel einer Kartierung ist die Erfassung der räumlichen Strukturen eines vorher definierten Raumes und sie dient als Grundlage für die Planung und Steuerung zukünftiger Entwicklungen (vgl. Klett 2009). Es wurde in Anlehnung an KLETT (ebd.) wie folgt vorgegangen:

- 1) Vorbereitung: Definition der Kartierungsthematik (Versorgungsinfrastruktur und Nutzungsstruktur) und des Kartierungsraums (Vohwinkel); Erstellung einer Kartierungsliste und des Kartierungsschlüssels z.B. Grünflächen markiert mit grüner Farbe, Schulen (rosa), Freizeiteinrichtungen (blau), Geschäfte (gelb)
- 2) Erhebung der Daten: Zunächst wurde aus Kosten- und Zeitgründen eine Erhebung auf Grundlage von online zugänglichen Karten (*google maps* und *bing maps*) vorgenommen.
- 3) Begehung: Anschließend folgte eine Begehung zur stichprobenartigen Überprüfung der Erhebung in den zentral gelegenen Quartieren Osterholz, Tesche, Mitte, Westring und Höhe an zwei Tagen (24.4. und 25.4.2014). Durchgeführt wurde sie von zwei Forschern. Aufgrund des geringen Anpassungsbedarfs an die Ergebnisse der Online-Auswertung wurde darauf verzichtet, in den Randgebieten ebenfalls eine Begehung durchzuführen.
- 4) Kartenerstellung: Die Erhebungsergebnisse wurden in die digitalen Karten eingetragen, die mit dem *open source* Programm QGIS erstellt wurden.
- 5) Auswertung und Bewertung: Mit Hilfe der Auswertungsinstrumente von QGIS (z.B. Puffer) wurden die funktionalen Stärken und Schwächen des Raums analysiert.

#### 4.1.8 Schriftliche Expertenbefragung im Delphi-Verfahren

Eine der zentralen Fragen der Arbeit besteht darin, eine Abschätzung vorzunehmen, in welchem Maße CO<sub>2</sub>-Emissionen langfristig durch die Energiesuffizienz-Maßnahmen eingespart werden können. Für die Bearbeitung einer so klassischen Frage der Zukunftsforschung, die sich mit einem systematischen Blick in die Zukunft beschäftigt, um Schlussfolgerungen für die Gegenwart zu treffen (vgl. Cuhls 2009: 207), bieten sich verschiedene Methoden an. Beispiel hierfür sind die Extrapolation von Energieeinsparungen und CO<sub>2</sub>-Minderung evaluierter Maßnahmen/Strategien, quantitative Modellierung und Expertenabschätzungen. In der vorliegenden Untersuchung wurde eine zweistufige Delphi-Befragung durchgeführt. In der Zukunftsforschung wird die Methode häufig zur Technikfolgenabschätzung und Technikvorausschau eingesetzt. Seit Beginn des Jahrtausends ist die Anwendung außerdem auf nicht-technologiebezogene Fragestellungen und Themenbereiche ausgeweitet worden (vgl. Ammon 2009: 458), wie sie für den vorliegenden Fall relevant sind. Die Entstehung und zeitliche Entwicklung der Methoden werden bspw. bei AMMON (vgl. 2009) und FISCHEDICK et al. (vgl. 2008: 74 f.) beschrieben.

Die Delphi-Befragung zählt zu den vergleichsweise stark strukturierten Gruppenkommunikationsprozessen. Experten beurteilen im Verlauf der Erhebung mehrmals dieselben Sachverhalte, über die unsicheres und unvollständiges Wissen besteht (vgl. Schulz/Renn 2009: 11). Voraussagezeiträume zwischen 10 und 50 Jahren sind üblich. Es gibt oft langfristige Beurteilungszeiträume bei komplexen Themenbereichen, die

von großer Unsicherheit geprägt sind (vgl. Kapferer et al. 2016: 4). Trotz der beständigen Weiterentwicklung und Modifizierung des Delphi-Verfahrens lassen sich zentrale Schritte identifizieren, die auch in der vorliegenden Studie durchgeführt wurden (vgl. Schulz/Renn 2009: 12; Fishedick et al. 2008: 75):

- 1) Entwicklung eines standardisierten Fragebogens über den zu untersuchenden Sachverhalt. Dieser beinhaltet oftmals die Abfrage der zu erwartenden Konsequenzen von Maßnahmen oder Entscheidungsoptionen.
- 2) Der Fragebogen wird an eine Gruppe von Experten des Untersuchungsgegenstandes gesandt (online, per E-Mail oder postalisch). Die Experten beantworten anonym die Fragen und senden die Antworten zurück.
- 3) Der Forscher ermittelt Durchschnittswerte, Extremwerte und/oder Varianz der Antworten.
- 4) Der ursprüngliche Fragebogen sowie die Auswertung werden an die Experten zurückgesandt. Die Namen der Experten bleiben anonym, um eine Beeinflussung durch Status oder Seniorität zu vermeiden. Die Experten bekommen die Möglichkeit, ihre Einschätzungen auf Grundlage der Ergebnisse der ersten Runde zu ändern. So entstehen aggregierte Gruppenantworten, die der Mehrheit der einzelnen Meinungen überlegen ist.
- 5) Wenn die Experten die Antworten zurückgesandt haben, erfolgt die erneute Auswertung.
- 6) Je nach Zeitbudget der Untersuchung und Motivation der Experten können die Schritte 2 bis 5 mehrmals wiederholt werden.

Zur Einschätzung der Einspareffekte durch die Strategien und Maßnahmen zur Energiesuffizienz wurden für die beiden Sektoren Raumwärme und Personenverkehr separate Befragungen durchgeführt. Für Raumwärme fand die erste Erhebungsrunde von März bis Anfang Juni 2014 statt. Nach der Auswertung und dem erneuten Zusenden des Fragebogens mit den Auswertungsergebnissen schloss sich die zweite und letzte Runde Mitte Juni bis Anfang Juli 2014 an. Die erste Befragung der Experten zum Thema Personenverkehr erfolgte von Mitte November bis Ende Dezember 2014. Die zweite Runde fand im Januar 2015 statt.

Die Auswahl der angeschriebenen Experten erfolgte bewusst. Damit ist klar, dass keine repräsentativen Ergebnisse erzielt werden. Vielmehr geht es darum, auf Grundlage einer überschaubaren, kompetenten Gruppe von Experten eine erste grobe Abschätzung des Energiesuffizienzpotenzials bis zum Jahr 2050 in den beiden zu untersuchenden Sektoren zu erhalten. Die Definition einer Grundgesamtheit aller relevanten Experten ist nicht möglich. In Anlehnung an die Experteninterviews (Kap. 4.1.4) haben die kontaktierten Personen aus wissenschaftlicher Sicht mit den Themen Raumwärme und Personenverkehr zu tun. Einen ersten Grundstock der Experten bilden die Wissenschaftler, die bereits in den Experteninterviews zur Identifizierung Energiesuffizienz

fördernder Maßnahmen befragt wurden. Im Raumwärmebereich sind das vier, im Verkehrsbereich sechs Personen. Aufgrund der geringen Fallzahl wurden darüber hinaus zusätzliche Experten angeschrieben, die entweder seit den Experteninterviews zum relevanten Thema publiziert haben oder von anderen Experten als relevant empfohlen wurden. Dabei handelt es sich im Raumwärmebereich um weitere sieben und im Personenverkehrsbereich um neun Personen. Im Raumwärmebereich nahmen 10 Personen an der Befragung teil. Lediglich eine Person antwortete trotz Nachfrage nicht. Im Personenverkehr beträgt die Teilnehmerzahl ebenfalls 10 Personen, was bedeutet, dass fünf Personen nicht zur Teilnahme zur Verfügung standen.

Das erstellte Fragebogendokument besteht aus drei Teilen. Zunächst werden Vorabinformationen zur Vorgehensweise gegeben. Diese beinhalten das Thema der Befragung und die zu bewertenden Kriterien mit den jeweiligen Fragestellungen. Dann werden Fakten zum Bezugsraum bereitgestellt und das Referenz-Szenario umrissen. Als zweites folgt das eigentliche Bewertungsblatt. Drittens erläutern Kurzbeschreibungen die zu bewertenden Strategien.

Da es sich primär um eine schriftliche Befragung handelt, die per E-Mail versandt und in der Regel ohne Interviewer durchgeführt wurde, ist die eindeutige, leicht verständliche Konstruktion des Fragebogens von Bedeutung. In der Begleit-E-Mail wurde angeboten, den Fragebogen während eines persönlichen Gesprächs auszufüllen. Dies nahmen einige Experten (ausschließlich aus dem Raumwärmebereich) in Anspruch. Möglicherweise kam es dadurch zur Beeinflussung durch die Gesprächssituation oder den Interviewer. Da aber so die Motivation der Experten zur Teilnahme erhöht werden konnte, wurde diese Möglichkeit angeboten.

In beiden Bereichen stand die Wirkungseinschätzung von Maßnahmenbündeln bzw. Strategien auf zuvor bestimmte Indikatoren im Zentrum des Erkenntnisinteresses. Dabei wurde einmal der Richtungseffekt qualitativ für die Jahre bis 2030 und zwischen 2030 und 2050 abgeschätzt. Zweitens wurde für die Zeiträume quantitativ das prozentuale Einsparpotenzial abgefragt.

Zunächst wurden die Fragebögen jeweils einem Pretest mit jeweils drei Testpersonen unterzogen. In Anlehnung an DIEKMANN (vgl. 2007: 485) ist es Zweck des Pretests:

- die ungefähre Bearbeitungszeit zu ermitteln
- die Verständlichkeit und Vollständigkeit der Fragen sowie der Begleittexte und
- die Ratingskalen zu prüfen.

Obwohl das Erkenntnisinteresse in beiden Sektoren identisch und die Grundstruktur der Fragebögen gleich waren, haben sich durch den Pretest und die Erfahrungen der zeitlich vorgelagerten Befragung im Bereich Raumwärme einige Unterschiede ergeben.

Daher wird auf die weiteren Merkmale der Befragungen im Anhang in Anlage 4 getrennt eingegangen.

Die Delphi-Befragung von Experten basiert auf der Annahme, dass sich Personen, die sich seit mehreren Berufsjahren mit den Fragestellungen nach Wirksamkeiten von Strategien und Maßnahmen beschäftigen, zuverlässige und gültige Beurteilungen abgeben können. Dennoch wird die Validität von Expertenabschätzungen in der Evaluationsforschung kritisch gesehen und ist tendenziell experimentellen Evaluationsstudien nachzuordnen (vgl. Rölle et al. 2002: 22). Zudem ist im vorliegenden Fall zu hinterfragen, ob es grundsätzlich überhaupt möglich ist, die Wirkung auf so einer allgemeinen Ebene ohne extrem genaue Kenntnisse der örtlichen Gegebenheiten und ohne Wechselwirkungen allein auf die aufgeführten Maßnahmen und Strategien zurückzuführen und über diese langen Zeiträume abzuschätzen.

Daher ist zu überlegen, ob andere Methoden zuverlässigere und gültigere Ergebnisse geliefert hätten. Denkbar wäre beispielsweise im Personenverkehrsbereich eine quantitative Modellierung des Verkehrsverhaltens der Vohwinkeler Bevölkerung ohne und mit Einführung der einzelnen Maßnahmen gewesen. Auch wenn die Modellierung scheinbar sehr genaue Ergebnisse bis auf mehrere Nachkommastellen liefert, ist es äußerst schwer, die einzelnen Strategien, die vielfach aus mehreren Einzelmaßnahmen bestehen, adäquat im Modell abzubilden und zu quantifizieren. Selbst wenn es gelingen würde, Annahmen zu treffen, wie sich die Strukturdaten (z.B. Bevölkerungsverteilung, Schulen) in den Zellen verändern, zielen im Energiesuffizienzbereich viele Maßnahmen auf eine geänderte Zielwahl ab, die durch das Gravitationsmodell verändert würde. Es müssten enorm viele Annahmen zu modellspezifischen Parametern getroffen werden, für die es aus der Literatur direkt keine Quantifizierung gibt, damit die Indikatoren verändert würden. Hinzu kommt, dass andere Maßnahmen, wie z.B. die Förderung von Wegekettten, im Modell nicht abzubilden sind.

Eine andere Möglichkeit wäre es gewesen, anhand einer Literaturanalyse empirische Studien auszuwerten, die die Einspareffekte auf Wegelänge und Wegeanzahl der einzelnen Maßnahmen anhand konkreter Umsetzungsbeispiele untersuchen. Verschiedene Nachteile müssen auch bei dieser Methode beachtet werden. Erstens ist es fraglich, ob Ergebnisse, die in einer anderen Stadt, mit ggf. sehr unterschiedlichen äußeren Gegebenheiten wie Stadtstruktur, kulturelle Prägung, administrative Abgrenzungen, klimatischen Gegebenheiten, auf Vohwinkel übertragen werden könnten. Zweitens handelt es sich dabei um *ex-post*-Evaluierungen, die über unterschiedlich lange Zeiträume die Einspareffekte messen. Fraglich ist daher erstens, ob die Wirkung auf 20 bis 40 Jahre linear fortgeschrieben werden kann und zweitens, wie Änderungen der Rahmenbedingungen die Wirkung der Maßnahmen beeinflussen. Drittens gibt es bei weitem nicht zu allen Maßnahmen Auswertungen konkreter Umsetzungsbeispiele aus der Praxis, bei denen beide Indikatoren untersucht worden sind.

Es ist fraglos sehr schwierig, Wirkungsaussagen über derart lange Zukunftsräume zu treffen. Besonders die Festlegung auf quantitative Werte ist problematisch, was ei-

nige Experten dazu veranlasst hat, für alle oder bestimmte Maßnahmen auf eine Quantifizierung zwischen 2030 und 2050 zu verzichten. Dies wird durchaus als ein Ergebnis gewertet und in der Szenarienerstellung berücksichtigt. Zugleich handelt es sich bei der Delphi-Befragung um eine kostengünstige, relativ schnell durchzuführende Methode, die aufgrund erneuter Beteiligung der Experten der ersten Erhebungsphase gut in das Forschungsdesign der Untersuchung passt. Außerdem erlaubt sie eine möglichst fundierte erste Abschätzung der potenziellen Wirksamkeit Energiesuffizienz fördernder Strategien und Maßnahmen, ohne alle einzelnen Maßnahmen(bündel) detailliert zu evaluieren und fortschreiben zu müssen.

## 4.2 Aufbereitung der Daten und ihre Auswertung

Im Folgenden werden die Methoden dargestellt, die im Laufe des Forschungsprozesses zur Auswertung der Daten angewandt wurden. Die Verwendung der qualitativen Inhaltsanalyse (Kapitel 4.2.1) und die statistische Auswertung von Primär- und Sekundärdaten (Kapitel 4.2.2) zählen zu den Standardmethoden der wissenschaftlichen Forschung. Dagegen steht innerhalb der Methode der Szenarioanalyse (Kapitel 4.2.3) die Erstellung von *transition scenarios* als Aufbereitungs- und Auswertungsmethode der Zukunftsvorstellungen noch am Anfang einer methodischen Etablierung.

### 4.2.1 Qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse wird in der vorliegenden Untersuchung in Anlehnung an MAYRING (2002: 91 ff.) als Methode der Datenaufbereitung und Analyse angewandt. Der Großteil der Daten liegt in qualitativer, nicht-numerischer Textform vor und besteht aus dem erhobenen Interview- und Diskussionsmaterial. Ziel der Auswertung des Materials ist es, im Vergleich der Daten (Transkriptionen und Protokolle) «das Überindividuell-Gemeinsame herauszuarbeiten» (Mayer 2012: 47). Diese Form der Analyse bietet sich an, da sie es ermöglicht, Texte systematisch zu analysieren, indem das Material zergliedert und schrittweise bearbeitet wird. Da aus den theoriegeleiteten Vorüberlegungen Analyseaspekte im Vorhinein festgelegt worden sind, wurden für das Material aus jeder relevanten Datenerhebungsphase (Experteninterviews, Akteursgespräche und Akteursworkshop) Kategoriensysteme entwickelt.

In der Fachliteratur besteht Einigkeit, dass sich die Inhaltsanalyse aus mehreren Auswertungsschritten zusammensetzt, die sich in Anzahl und Benennung je nach Quelle unterscheiden (vgl. Schnell et al. 2013: 400 f., Mayer 2012: 48 ff., Lamnek 2010: 464).

Zunächst wurde abgeleitet aus den theoretischen und methodischen Vorüberlegungen ein Kategoriensystem entwickelt, welches in Form von Oberbegriffen die Strukturierung und Untersuchung des Datenmaterials leitet. Beispielsweise lauten Kategorien der Akteursgespräche «Selbsteinschätzung», «Schrumpfung», oder «Strategien/ Maßnahmen Energiesuffizienz». Daran anschließend erfolgte die Zusammenfassung.

Dazu wurde zunächst eine Paraphrasierung (Bündelung) vorgenommen, bei der ausschmückende, wiederholende und nicht inhaltsrelevante Textbestandteile der einzelnen Gespräche und Diskussion gestrichen wurden. Außerdem wurden die verbleibenden Textstellen in einer Kurzform auf eine einheitliche Sprachebene gebracht (vgl. Lamnek 2010: 473). Nun wurden bedeutungsgleiche Paraphrasen zusammengefasst und ggf. generalisiert. Dann wurden die Generalisierungen den Kategorien zugeordnet, wobei die Quelle erhalten und gebündelt blieb. Auch wenn es sich nicht um eine quantitative Inhaltsanalyse handelt, konnte so nachvollzogen werden, ob es sich bei Aussagen um Einzelmeinungen handelte oder mehrere Gesprächspartner die Inhalte angesprochen hatten. Bei unklaren Aussagen (z.B. Bericht über den Verlauf von großen Bauvorhaben in Vohwinkel) wurde nach dem Prinzip der Explikation zusätzliches Material herangezogen (z.B. Zeitungsartikel, Ratsbeschlüsse etc.) (vgl. Mayring 2002: 94). Die Inhaltsanalysen wurden mit Hilfe des Programms Microsoft Excel durchgeführt.

#### *4.2.2 Primär- und sekundärstatistische Daten*

Ein Teil der Daten, die für die Analyse der Ist-Situation sowie für die Entwicklung der Szenarien herangezogen wurden, liegt zum einen in numerischer Form vor, zum anderen sind qualitative Daten mit quantitativen Methoden ausgewertet worden. Dabei wurde einerseits auf primärstatistische Daten zurückgegriffen, d.h. Daten aus der eigens im Hinblick auf das aktuelle Untersuchungsziel durchgeführten Erhebung.

Dabei handelt es sich um:

- Daten aus der Bewertung der Umsetzbarkeit verschiedener Energiesuffizienz-Maßnahmen der Akteure aus den Akteursgesprächen
- Daten der Delphi-Befragung zu Wirkungen verschiedener Energiesuffizienz-Maßnahmen

Andererseits wurden sekundärstatistische Daten herangezogen, die ursprünglich von anderen Personen für andere Zwecke erhoben wurden, aber wichtige Informationen für die vorliegende Untersuchung liefern. Diese wurden herausgezogen aus:

- Daten zur Verkehrsbefragung in Wuppertal für die in Vohwinkel lebende Bevölkerung (Teilerhebung für Vohwinkel)
- Daten des Wärmeatlases der Wuppertaler Stadtwerke für Vohwinkel (Vollerhebung für Vohwinkel)
- Daten zu gewählten Raumtemperaturen in verschiedenen Räumen von GRI-NEWITSCHUS (2013)

Einige Daten wurden zunächst für die Auswertung aufbereitet. So wurden alle Daten in einer Datenmatrix dargestellt, bei denen dies noch nicht der Fall gewesen war. Zudem wurde, wenn nötig, ein Codeplan (vgl. Schnell et al. 2013: 415) erstellt, wobei



jeder qualitativen Ausprägung einer Variable eine bestimmte Zahl zugeordnet wurde. Bevor mit der Auswertung begonnen werden konnte, wurde bei der Verkehrsbefragung und beim Wärmetlas der WSW eine Datenbereinigung vorgenommen (vgl. Anhang, Anlage 8 und Anlage 11).

Alle oben aufgeführten Datensätze wurden mit Hilfe der Methoden deskriptiver Statistik ausgewertet, die die Aufgabe hat, Verteilungen und Zusammenhänge von Variablen zu beschreiben (vgl. Mayer 2012: 113). Tabellen, Diagramme und Parameter (von Häufigkeitsverteilungen) sind die zentralen Methoden deskriptiver Statistik, die auch in der vorliegenden Untersuchung zum Einsatz kamen.

#### 4.2.3 Szenarioanalyse

Die Analyse des Forschungsgegenstandes mithilfe von *Forecasting*-Szenarien stand als iterativer Prozess im Zentrum der Falluntersuchung Vohwinkel. Die erste Fassung von Szenarien im Raumwärme- und Personenverkehrsbereich wurde nach den Akteurgesprächen erstellt und später auf Grundlage neuer Erkenntnisse durch weitere Datenerhebungen und -auswertungen mehrfach präzisiert und erweitert. Bevor eine der angewandten Szenarioanalysen, die *transition scenarios*, eingehend erläutert werden, werden einige grundsätzliche Anmerkungen zur Szenarioanalyse gegeben, die zum tieferen Verständnis der Stärken, aber auch Grenzen der Methode beitragen.

Unter dem Begriff «Szenarioanalyse» wird nicht nur der Vergleich von veröffentlichten Szenariostudien (Meta-Analyse von Szenarien) verstanden, sondern auch die Untersuchung möglicher Zukünfte mit der Entwicklung mehrerer Szenariopfade. Dabei bildet die Szenarioanalyse keine klar definierte und strukturierte Methode, sondern zeichnet sich durch Diversität in der methodisch-theoretischen Ausrichtung und Anwendung aus (vgl. Grunwald 2013: 25, Venjakob 2012).

Nach DIECKHOFF et al. (vgl. 2014) beschreibt ein Szenario(pfad) ein nach heutigem Wissensstand mögliches Zukunftsbild und die Entwicklung, die dort hinführt. Prinzipiell wird bei Szenarioanalysen davon ausgegangen, dass die Zukunft gestaltbar bzw. veränderbar ist. Außerdem ist die Zahl möglicher Entwicklungen umso größer, je weiter von heute in die Zukunft geblickt wird. Somit entsteht ein sich weitender Raum zukünftiger Entwicklungen (vgl. Kosow/Gaßner 2008: 13). Dieser Möglichkeitsraum der untersuchten Systeme ist meist zu groß und zu hochdimensional, um vollständig dargestellt werden zu können, weshalb ein Szenario nur einen spezifischen Zukunftspfad formuliert und somit einen Ausschnitt aus dem Möglichkeitsraum darstellt. Die Auswahl von Aspekten/Faktoren und deren Ausprägungen, die für die Szenariokonstruktion betrachtet werden, hängen vom jeweiligen Erkenntnisinteresse ab. So können beispielsweise **Extremszenarien** konstruiert werden. Sie decken in der Regel mit zwei Szenarien («Best-» und «Worst-Case-Szenarien») den aufgespannten Raum des Szenariotrichters ab. Der Möglichkeitsraum kann auch, wie in der vorliegenden Studie, durch normative Aussagen eingegrenzt werden (vgl. Dieckhoff et al. 2014). Außerdem sind **Referenz-Szenarien** (Trend, *Business-as-usual* (BAU)) weit verbreitet, die durch Fort-

schreibung der gegenwärtigen Situation und/oder der Entwicklung der vergangenen Jahre erzeugt werden. Ihr Wert ist darin zu sehen, eine Vergleichsbasis zu schaffen. **Kontrastszenarien** wiederum beruhen auf alternativen Annahmen (z.B. Einführung von Maßnahmen, Änderung der Entwicklungsrichtungen bestimmter Faktoren gegen den derzeitigen Trend) (vgl. Steinmüller 2003a: 9). Diese Szenarien werden auch als «Was wäre, wenn»-Szenarien bezeichnet.

Zudem gibt es die grundlegende Unterscheidung nach dem Blick der Entwicklungsrichtung. Dabei wird differenziert zwischen **Forecasting**-Szenarien, die die Betrachtung von der Gegenwart in die Zukunft vornehmen und **Backcasting**-Szenarien. Bei diesen wird von einem vorgegebenen Zukunftszustand die Entwicklung rückblickend als Schrittfolge beschrieben. Da die Zukunftssituation von vorne herein nach subjektiven Präferenzen konstruiert wird, sind diese Szenarien als normativ zu bezeichnen (vgl. Steinmüller 2003b: 52).

Ein weiteres Differenzierungsmerkmal ist der **Betrachtungszeitraum**, der durch die Szenarien abgedeckt wird. Dieser erstreckt sich von kurzfristigen Entwicklungen (ca. 5 bis 10 Jahre) über mittelfristige Betrachtungen (ca. 11 bis 35 Jahre) bis hin zu langfristigen Zeithorizonten (ab 35 Jahre) (vgl. Lechtenböhrer 2008: 13). Tendenziell nehmen, je länger die Betrachtungszeiträume sind, die Anzahl der Szenarien mit quantitativen Daten ab und solche mit qualitativen Daten zu, da die Unsicherheit der Entwicklung mit der Länge des Betrachtungszeitraums zunimmt und die Festlegung auf quantitative Abschätzungen schwerer fällt.

In vielen Szenarioanalysen werden die genannten Eigenschaften integriert angewandt (siehe auch Eigenschaften der *transition scenarios*) und schließen sich nicht gegenseitig aus. In Kapitel 7 werden drei verschiedene Langfristszenarien mit dem Zeithorizont 2050 entwickelt: ein Referenzszenario, ein Kontrastszenario mit moderaten Energiesuffizienz-Maßnahmen und ein *transition scenario*, das eine Zukunftsvision darstellt. Alle drei sind als *Forecasting* Szenarien konzipiert. Sie bestehen aus qualitativen und quantitativen Elementen.

**Box: Gütekriterien von Szenarien**

Bei der Erstellung und Beurteilung von Szenarien werden zum Teil andere Qualitätskriterien beachtet als bei anderen wissenschaftlichen Methoden. Da Szenarien Zukünfte aus heutiger Sicht und für heutige Zwecke (Meinungsbildung, Beratung etc.) beschreiben, ist eine empirische Überprüfung und Falsifikation weder möglich noch sinnvoll. Auch eine logische Ableitung von Zukunftsaussagen aus Wissensbeständen der Gegenwart stößt an Grenzen, da es sich dabei um Prognosen handeln würde, wobei auch hier angenommen wird, dass heutiges Wissen auch in der Zukunft gilt (vgl. Grunwald 2013: 24 f.) So gibt es bei Szenarien, anders als in den Naturwissenschaften üblich, nicht nur eine Wahrheit. Daher muss die Forderung nach Validierung mit der Diversität der Ergebnisse in Einklang gebracht werden. Da über gegenwärtige Zukünfte gesprochen wird, kann die Validierung nur in der Gegenwart stattfinden. Es geht nur über die argumentative Haltbarkeit der formulierten Zukunftsaussagen. Im Zentrum stehen die Gründe, die auf der Basis des gegenwärtigen Wissens und gegenwärtiger Relevanzbeurteilung für die Behauptungen oder Annahmen sprechen (vgl. ebd.).

Qualitätskriterien von Szenarien (vgl. Steinmüller 2003a: 15; Fishedick et al. 2008: 137 ff.):

- **Kohärenz und Konsistenz:** Aufeinander aufbauende Aussagen und ein widerspruchsfreies Gesamtbild d.h. die Stränge müssen kohärent und konsistent sein.
- **Transparenz:** Aussagen müssen transparent in ihre Bestandteile zerlegt werden können. Das gilt auch für ihre Zusammenfügung zu einem Szenariopfad. Außerdem müssen Werturteile des Autors deutlich gemacht werden.
- **Glaubwürdigkeit:** Sowohl die genutzten Quellen als auch die argumentative Haltbarkeit der getroffenen Aussagen bestimmen die Glaubwürdigkeit der Szenarien.
- **Genauigkeit:** Je differenzierter argumentiert wird und je besser Aussagen mit Informationen oder Daten belegt sind, desto höher ist die Genauigkeit einzustufen.
- **Nützlichkeit:** Szenarien müssen den zuvor definierten Zweck erfüllen.

Eine Diskussion über die wissenschaftliche Validität von Zukunftsaussagen bezieht sich auf die Voraussetzungen, Quellen und Methoden, die bei der Erstellung verwendet wurden.

Quelle: eigene Darstellung

Insgesamt bietet die Szenarioanalyse eine Reihe von Vorzügen innerhalb der wissenschaftlichen Zukunftsforschung, die ihre vielfache Anwendung in unterschiedlichen Disziplinen erklärt. Welchen Nutzen die Entwicklung von Szenarien stiftet, zeigt folgende Auflistung (vgl. Dieckhoff et al. 2014: 4 u. 28 f., Steinmüller 2003b: 55, Kosow/Gaßner 2008: 14 ff.):

- Szenarien helfen dabei, zu zeigen, unter welchen Umständen gewünschte oder befürchtete zukünftige Entwicklungen eintreten können.
- Sie bilden als Kommunikationsmittel eine Diskussionsgrundlage für die Auseinandersetzung mit der Zukunft.
- Sie fördern die Integration der Sichtweise von vielen Disziplinen, Wissensständen und Akteuren (Integrationsfunktion).
- Sie leisten Hilfestellung bei der Bewertung von Handlungsalternativen (Entscheidungs- und Strategiebildungsfunktion).

Alle diese Vorteile waren auch bei der vorliegenden Szenarioanalyse wichtige Argumente für die Wahl dieser Methode.

Um den Aussagewert der Szenarien einschätzen zu können, ist es wichtig, offenzulegen, was Szenarien nicht können. Die folgenden Punkte machen deutlich, wo die Grenzen der Szenarioanalyse liegen bzw. welchen Anspruch sie bewusst nicht erheben (vgl. Dieckhoff et al. 2014: 28 ff., Kosow/Gaßner 2008: 16, Fischedick et al. 2008: 193):

- Szenarien treffen keine Aussagen über Wahrscheinlichkeit der Entwicklung oder präzise Vorhersagen der Zukunft. Sie bilden nicht die wahrscheinlichste Entwicklung ab, sondern mögliche Zukünfte. Die Auswahl und Konstruktion von Szenarien bedeutet immer, dass auch andere Zukunftspfade hätten gewählt werden können.
- Kognitive Grenzen seitens der Ersteller, das Unbekannte und Ungewisse zu denken, führen dazu, dass allzu oft bereits bekannte Strukturen und Wege in die Zukunft weitergedacht werden.
- Szenarien können nicht immer eine vollständige Ausleuchtung aller relevanten Möglichkeiten geben. Es existiert aber auch derzeit kein allgemein anerkanntes Verfahren zur Eingrenzung und Auswahl der Möglichkeiten auf eine handhabbare Zahl von Szenarien. Daher muss die Auswahl der Szenarien und ggf. Sensitivitätsanalysen gut begründet und dokumentiert werden.
- Gerade quantitative Szenarien erwecken leicht den Anschein einer Genauigkeit, die sie nicht liefern können, da die Annahmen aufgrund hoher Unsicherheiten schwer zu treffen sind. Der Wert liegt darin, aus den heute vorliegenden Erkenntnissen Handlungsoptionen und -spielräume aufzuzeigen und deren Effekte annähernd zu bestimmen. Sie sollten richtungssicher und wenn möglich größenordnungssicher mögliche Zukunftspfade darstellen.

Zusammenfassend betrachtet, liegt der Erkenntnisgewinn von Szenarien darin, alternative, mögliche Entwicklungspfade zu identifizieren, Entscheidungspunkte und Handlungsmöglichkeiten zu ermitteln und Folgen dieser Handlungsmöglichkeiten zu bestimmen. Die Ergebnisse von Szenarien werden verwertet, um Leitbilder und Zielvorstellungen zu verdeutlichen und strategisches Denken bei Akteuren zu fördern.

### **Einordnung von *transition scenarios* in die Szenarioanalyse**

Entwickelt wurde der Ansatz der *transition scenarios* am Dutch Research Institute for Transition (DRIFT). Die ausführlichste Darstellung dessen, was unter dem Begriff *transition scenarios* im Zusammenhang mit der Entwicklung von Szenarien zu verstehen ist und wie er von anderen Szenarioanalysen abzugrenzen ist, wird in der Dissertation von SONDEIJKER (vgl. 2009) gegeben. Sie ordnet der von VAN NOTTEN (vgl. 2005) entwickelten, dreiteiligen Generationenabgrenzung von Szenarien die *transition*

*scenarios* als verbesserte Form der Szenarien der dritten Generation zu, die zwar auf ihr aufbaut, aber auch neue Elemente beinhaltet. Damit entwickelt sie gewissermaßen eine dritte Generation 2.0.

**Erste Generation der Szenarien:** In den 1950er und 1960er-Jahren wurden verstärkt technologische, unternehmerische und militärische Prognosen mit quantitativen Methoden erstellt. Dabei waren Szenarien statistische Voraussagen mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen vom Eintreten zukünftiger Ereignisse. Als eine der ersten entwickelte die Rand Corporation unter KAHN den Begriff des Szenarios als Planungs- und Vorausschau-Instrumentarium im Zusammenhang strategischer Studien (vgl. Lechtenböhrer 2008: 8).

**Zweite Generation der Szenarien:** Durch die Ölkrisen der 1970er-Jahre wurde deutlich, dass die Zukunft nicht allein durch Daten und Beziehungen aus der Vergangenheit abgeleitet werden kann. Daher wurden vermehrt Unsicherheiten, Trendbrüche und Wechselwirkungseffekte in die Szenarien mit eingebaut. Die Szenarien entwickelten sich in dieser Zeit zu verschiedenen Strängen abgegrenzter Zukunftspfade mit vielfältigen Betrachtungspunkten bspw. volkswirtschaftliche, umweltbedingte und soziokulturelle Phänomene. Somit bestand die Möglichkeit, einen breiten Trichter von zukünftigen Möglichkeiten abzustecken (vgl. Steinmüller 2003b: 18f.).

**Dritte Generation der Szenarien:** Seit der Konferenz von Rio 1992 setzte sich die Einsicht durch, dass die Zukunft nachhaltig zu gestalten sei. Daraufhin wurden Szenarien entwickelt, die explizit Wege und Faktoren berücksichtigen, die den Übergang (*transition*) zum normativen Ziel der Nachhaltigkeit aufzeigen. Die Szenarien dieser Generation zeichnen sich durch gestaltbare Zukunftspfade aus, die sehr umfassend, partizipativ, vorausahnend und anpassbar sind.

Die *transition scenarios* bauen von ihren inhaltlichen Kriterien im Wesentlichen auf den Charakteristika der dritten Generation auf. Sie haben aber darüber hinaus noch den Anspruch, durch die Definition von Prozesskriterien das Denken, Wahrnehmen und Handeln der eingebundenen Akteure zu beeinflussen und den Übergang einzuleiten. Außerdem wird der Möglichkeit von Trendunterbrechungen und unterschiedlichen Geschwindigkeiten von der Entwicklung nachhaltiger Übergänge mehr Beachtung geschenkt. Letztendlich sind die Änderung des übergeordneten Denkens und die Einstellung der Akteure wichtiger als die Eintrittswahrscheinlichkeit der Szenarien (vgl. Sondejker 2009: 58 ff.). Dies stellt eine starke Verbindungsbrücke von *transition scenarios* zur transdisziplinären Forschung dar.

Im Folgenden wird auf *transition scenarios*, eine spezielle Form der Szenarioanalyse, die die Szenarienerstellung der vorliegenden Arbeit geprägt hat, näher eingegangen.

## Entwicklung der *transition scenarios* vor dem Hintergrund der Transition Forschung

*Transition scenarios* sind explizit eingebunden in die Abläufe des *transition management*. *Transition management* ist ein Governance-Modell, das darauf abzielt, auf der Mikroebene Initiativen anzustoßen, durch die ein gesellschaftliches System auf allen Ebenen langfristig strukturell umgestaltet wird.

Die Basis der *transition scenarios* bilden normative Vorgaben einer nachhaltigen Zukunftsvision für die Gesellschaft. In den *transition scenarios* werden Zukunftsverläufe bestimmter Handlungsstränge entwickelt. Sie ermöglichen es, daraufhin einzelne Unterpunkte zu identifizieren, die zu konkreten Übergangspfaden ausdifferenziert werden. Eventuell werden diese anschließend in realen Experimenten in die Praxis umgesetzt (vgl. Sondejker et al. 2006: 16). Werden sie, wie in der vorliegenden Arbeit, als Teil des *transition enabling cycle* (vgl. Kapitel 3.1) entwickelt, sind sie ein wichtiger Bestandteil der Phase der Visionsentwicklung.

### Wesentliche Punkte (Inhaltliche Kriterien und Prozesskriterien)

Im Folgenden wird eine Definition von inhaltlichen Kriterien und Prozesskriterien der *transition scenarios* gegeben, wenn sie den Transition-Management-Prozess unterstützen (vgl. Sondejker 2009). Davon bauen einige Kriterien auf den etablierten Szenariomethoden auf, andere wurden speziell für *transition scenarios* erarbeitet. Besonders die Prozesskriterien stehen bei der Szenarioanalyse im Allgemeinen nicht im Zentrum des Erkenntnisinteresses.

#### Inhaltliche Kriterien:

**Langzeitbetrachtung:** 40 Jahre und länger (mehrere Generationen), da Systemänderungen sich meist langsam über mehrere Jahrzehnte entwickeln.

**Gesellschaftliche Systemebene:** Definition einer Zielfunktion der Nachhaltigkeit, die Subsektoren, Generationen und Regionen mit einschließt.

**Utopische und realistische Charakteristika:** Einerseits ist es wichtig, Möglichkeiten und Prozesse in die Szenarien mit aufzunehmen, die aus den Erfahrungen der Vergangenheit und aus heutiger Sicht als wenig wahrscheinlich gelten, um einen substanziellen Systemwechsel zu erreichen. Andererseits dürfen Szenarien nicht zu reinen Phantasiebildern werden, damit die Akteure Handlungsansätze für die Mikroebene ableiten können. Die Genauigkeit des Eintretens von Szenariopfaden besitzt keine hohe Priorität. Vielmehr kommt es darauf an, mit kreativen Vorschlägen Szenarien zu entwickeln, deren Eintrittswahrscheinlichkeit aus heutiger Sicht gering sein kann, deren Folgen aber den Übergang zur nachhaltigen Gesellschaft fördern.

**Explorativer und normativer Charakter:** Da die Zukunft nicht als objektive Wahrheit behandelt wird, muss der Erforschung der Möglichkeiten ein großes Maß an Offenheit entgegengebracht werden. Gleichzeitig wird das normative Ziel der Nachhaltigkeit verfolgt.

**Prozesskriterien (transdisziplinäre Forschung):**

**Förderung der Reflexion der eigenen Position und Denkweise:** Um gesellschaftliche Übergänge fließend und nicht in krisenhaften Umbrüchen zu vollziehen, sollen *transition scenarios* das Suchen, Lernen und Experimentieren der Akteure anregen.

**Umdenken/Perspektivwechsel (reframing):** Durch die *transition scenarios* werden Akteure angeregt, die Zukunft nicht als Fortführung der Vergangenheit zu verstehen, sondern eine neue Haltung gegenüber der Gestaltung zukünftiger Prozesse einzunehmen.

**Förderung von sozialem Lernen:** Es wird eine vorausschauende und adaptive Haltung gegenüber der Zukunft angeregt. Die Akteure, die an dem Entwicklungsprozess der *transition scenarios* teilnehmen, werden durch die Auseinandersetzung mit dem Thema und der Interaktion mit anderen Akteuren eine neue Perspektive auf die Realität haben. Durch die partizipative Entwicklung wird im Idealfall eine neue Sicht auf die Wirklichkeit geschaffen.

**Mobilisierung und Verknüpfung von Vordenkern in innovativen Projekten:** Durch die gemeinsame Entwicklung oder Diskussion der *transition scenarios* bekommen Vordenker die Möglichkeit, sich kennenzulernen und gemeinsam Projekte anzustoßen. Beispielsweise bringen «Nischen-Player» Ideen und neue Perspektiven mit, während «Regime-Player» Macht, Geld oder Netzwerkverbindungen mitbringen, um Projekte umzusetzen.

**Internalisierung der Rahmenbedingungen für Denken, Sehen und Handeln:** Wenn möglich, lernen die Akteure bei der Entwicklung der *transition scenarios* eine «gemeinsame Sprache». Zum einen wird eine Systemsprache entwickelt, die auf das jeweils angewandte System aufgebaut ist. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die Transition-Sprache anzuwenden. Das heißt, die Akteure lernen mit Transition-Begriffen wie Nische, Regime, umzugehen.

In Tabelle 5 werden inhaltliche Kriterien und Prozesskriterien von *transition scenarios* zusammengefasst.

Die Zukunft wird auch in den *transition scenarios* nicht als empirische Realität verstanden, sondern als Kombination verschiedener Alternativen, die den Möglichkeitsraum darstellen (vgl. Sondejker et al. 2006: 18). Es ist nicht das Ziel von *transition scenarios*, eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit zu erreichen. Es geht vielmehr darum, einen systematischen Rahmen bereitzustellen, der die entscheidenden Strukturen und Prozesse identifiziert und miteinander verbindet, um den Übergang der Gesellschaft zu einer langfristig nachhaltigen Lebensweise zu ermöglichen (vgl. ebd.). Eines der übergeordneten Ziele der *transition scenarios* ist die Initiierung und Realisierung eines grundlegenden Wandels des als nicht nachhaltig einzustufenden Systems.

Im Zentrum des Erkenntnisinteresses von *transition scenarios* steht die partizipative Erkundung von möglichen Entwicklungspfaden, die einen strukturellen Systemwechsel ermöglichen. *Transition scenarios* stellen den methodischen Rahmen dar, geben aber

noch keine Auskunft, wie benötigte Daten erhoben und ausgewertet werden. Es werden lediglich inhaltliche und prozessuale Kriterien aufgezeigt, die sich aufgrund der empirischen Anwendung als wichtig erwiesen haben.

**Tabelle 5: Inhaltliche und Prozesskriterien von transition scenarios**

<b>Inhaltliche Kriterien</b>
Langzeitbetrachtung: 40 Jahre und länger
Gesellschaftliche Systemebene: Definition einer Zielfunktion der Nachhaltigkeit, die Subsektoren, Generationen und Regionen mit einschließt.
Utopische und realistische Charakteristika
Explorativer und normativer Charakter
<b>Prozesskriterien</b>
Förderung der Reflexion der eigenen Position und Denkweise
Umdenken/Perspektivwechsel (reframing)
Förderung von sozialem Lernen
Mobilisierung und Verknüpfung von Vordenkern in innovativen Projekten
Internalisierung der Rahmenbedingungen für Denken, Sehen und Handeln

Quelle: eigene Darstellung

## TRANSCE

Die bislang dargestellten Kriterien von *transition scenarios* geben noch keine Auskunft über die tatsächlichen Schritte, die zur Szenarioerstellung durchgeführt werden. SONDEIJKER (vgl. 2009: 97 ff.) hat daher auch einen Ansatz entwickelt, der aus ihrer Sicht die allgemeinen Phasen zur Erstellung der Szenarien wiedergibt (TRANSCE). Dabei betont sie, dass diese nicht unbedingt chronologisch ablaufen, sondern sich gegenseitig immer wieder beeinflussen und Rückkopplungen stattfinden. Außerdem ist je nach Forschungsvorhaben zu entscheiden, ob alle sieben Teilabschnitte durchgeführt werden. Dennoch haben sich diese Schritte in den bisherigen empirischen Anwendungen als zielführend erwiesen:

- Schritt 1: Identifizierung der derzeitigen Barrieren für den angestrebten Strukturwandel
- Schritt 2: Langfristige Herausforderung für Transition
- Schritt 3: Bild(er) von einem wünschenswerten, nachhaltigen, zukünftigen System als Bezugspunkt für die strukturellen Wandlungsprozesse
- Schritt 4: Definition der nötigen Veränderungen in den Bereichen Kultur, Struktur und Praktiken
- Schritt 5: Identifizierung von Treibern für die Strukturveränderung in unterschiedlichen Kategorien (z.B. schwache Signale, unsichere Entwicklung etc.)
- Schritt 6: Auswahl von Strategien und neuen Nischen von Akteursgruppen



- Schritt 7: Entwicklung eines allgemeinen Rahmens für den Transition-Prozess: Integration der vorherigen Teilschritte zu einem komplexen und dynamischen Ganzen

Durch die Beschreibung der einzelnen Schritte der Szenarienerstellung wird deutlich, dass Systemzustände für die Zukunft visionär entwickelt (Schritt 3) werden, dann rückwärts gerichtet auf heutige Strukturveränderungen beschrieben werden (Schritt 4) und an Ansatzpunkten für die Strukturveränderung wieder aufgebaut (Schritt 5) und ausdifferenziert (Schritt 6) werden. Somit entsteht ein iterativer Prozess, durch dessen Verfeinerung konkrete Maßnahmen herauskristallisiert werden. In den Kapiteln 6 und 7 erfolgt die Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Schritte nicht chronologisch, da sich die Schritte in der Datenerhebung ohnehin oft überschneiden haben und die gesamte Falluntersuchung Vohwinkel anhand der ersten beiden Phasen des *transition enabling cycle* vorgenommen wird. Die Schritte 1, 2, 5 und 6 werden in Kapitel 6 im Rahmen der Untersuchung des Handlungsfeldes Energiesuffizienz in Vohwinkel mit der Problemanalyse ausgearbeitet (Phase 1 des *transition enabling cycle*). Die Darstellung der Schritte 3 und 4 erfolgt in Kapitel 7 als Visionsentwicklung mit der Beschreibung des qualitativen Bildes im Transition-to-Sufficiency-Szenario (Phase 2 des *transition enabling cycle*).

Anders als bei vielen anderen Szenarioanalysen steht die Entwicklung von Zukunftsphasen aufgrund von Wechselwirkungseinschätzungen nicht im Zentrum der Szenarien. Vielmehr geht es um die Entwicklung von visionären Zielvorstellungen und Ansatzhebeln, die durch vielfältige strukturelle Veränderungen zu dem angestrebten Wandel führen.

Zur Sammlung des Datenmaterials und zur partizipativen Erarbeitung der *transition scenarios* stehen eine Menge bewährter Techniken zur Verfügung. Je nach Forschungsdesign, Zeit- und Mittelbudget wird zwischen den Techniken ausgewählt. Dabei wird grob zwischen kreativen Problemlösungsmethoden (wie Gedankenexperimenten, *brainstorming* oder Wunschdenken) und analytischen Techniken unterschieden. Bei Letzteren werden Schritt für Schritt logische Wege entwickelt, die zum gewünschten Resultat führen. Die Teilnehmer suchen bei dieser Herangehensweise nach schematischen Beziehungen, Strukturen und Mustern (vgl. Sondeijker 2009: 108). Oftmals wird die Entwicklung der *transition scenarios* aufgrund der Annahmen in den Prozesskriterien mit Hilfe von Workshops oder Zukunftswerkstätten durchgeführt. Auch Expertengespräche und Interviews oder Befragungen sind zielführend (vgl. ebd.: 38, 185).

Andere Autoren stellen ebenso die Szenarioanalyse in Zusammenhang mit der Transition-Forschung (vgl. bspw. Albert 2008, Wiek et al. 2006). SONDEIJKER (vgl. 2009) entwickelt jedoch das umfassendste methodische Konzept.

Abbildung 17 gibt die Charakteristika von *transition scenarios* in Anlehnung an allgemeine Unterscheidungskriterien innerhalb der verschiedenen Typen der Szenario-

analyse wieder. Dabei wird deutlich, dass *transition scenarios* bei bestimmten Eigenschaften eine Verbindung von oftmals komplementären Ausprägungen eingehen.

**Abbildung 17: Ausprägung der Eigenschaften von *transition scenarios***

Eigenschaften						
Einbeziehung von Normen	Explorativ					Normativ
Dateninput	Qualitativ					Quantitativ
Einbeziehung von Personen	Partizipativ					Exklusiv
Hintergrund der Beteiligten	Verschiedenartig					Spezifisch
Betrachtungszeitraum	Langfristig (ab 40 J.)					Kurzfristig

Quelle: eigene Darstellung nach Sondejker 2009

### **Vorteile und Schwächen von *transition scenarios***

Obwohl der Betrachtungszeitraum von Transition-Forschung im Allgemeinen und *transition scenarios* im Besonderen von langfristigen Überlegungen gekennzeichnet ist, wird bei den Entstehungsschritten der Szenarien auf die Identifizierung kurz- bis mittelfristiger Ansatzhebel und Strukturveränderungen Wert gelegt. Dies wiederum erleichtert die Auseinandersetzung mit den Themen in der Gesellschaft und unterstützt Umsetzungsbestrebungen.

Darüber hinaus haben die *transition scenarios* den Vorteil, dass sie das Augenmerk nicht nur auf technische Wandlungsprozesse lenken, sondern gesellschaftliche Strukturen, Kulturen und Praktiken mit einschließen. Daher bietet sich dieser Typ der Szenarioanalyse für die Visionsentwicklung von nicht-technischen Lösungsansätzen wie Energiesuffizienz an.

Durch die explizite Entwicklung der Prozesskriterien integrieren *transition scenarios* partizipative Elemente, die vermehrt von Szenariostudien gefordert werden (vgl. Dieckhoff et al. 2014: 30), um sowohl robustes Wissen zu schaffen als auch Denk- und Verhaltensanstöße bei den Beteiligten zu leisten.

Differenziert ist die Kombination von Ausprägungen bestimmter Eigenschaften zu bewerten. Zum einen wird betont, dass in *transition scenarios* nicht nur qualitative sondern auch quantitative Daten ausgewertet werden. Zum anderen wird mit der Zielsetzung zur Nachhaltigkeit eine normative Zielvorgabe gemacht, die durch große Offenheit in Bezug auf Strategien und Akteursgruppen explorative Elemente bekommt. Somit wird im positiven Sinn die Flexibilität und ganzheitliche Betrachtung erhöht, was bei langen Betrachtungsräumen von Bedeutung ist. Als nachteilig ist zu sehen, dass dadurch die klaren Grenzen und Erstellungsregeln verwischen, die zu einer gewissen Beliebigkeit führen können, wenn das Vorgehen und die Positionierung nicht genau dokumentiert werden. In Anwendungsbeispielen wird bislang wenig deutlich, wie die Kombination von qualitativen und quantitativen Elementen geschieht, da der Schwerpunkt auf qualitativen Zukunftsbildern liegt.

Zu den Schwächen von *transition scenarios* zählt, dass mit ihrer Anwendung keine *business-as-usual*-Szenarien erstellt werden können, die oftmals als Vergleich zur visionären Entwicklung dienen. Gerade bei der Entwicklung nachhaltiger Zukunftsbilder und den Wegen dorthin ist ein zusätzliches Referenz-Szenario als Argumentationsgrundlage hilfreich, weshalb bei umfangreichen Studien neuer Themengebiete zu überlegen ist, den *transition scenarios* ein Referenzszenario zur Seite zu stellen. Dieses wird in einigen Punkten auf Daten der *transition scenarios* zurückgreifen, es werden aber auch eigene Erstellungsschritte notwendig sein.

Weiterhin zu beachten ist, dass mit *transition scenarios* keine Möglichkeit besteht, systematische Wechselwirkungen zu betrachten, die bei vielen anderen Szenarioanalysen einen wichtigen Grundstein der Bewertung legen. Dies muss nicht unbedingt ein Nachteil sein, da mit *transition scenarios* andere Ziele verfolgt werden als Wechselwirkungsanalysen, sollte aber bei der Wahl für diese Art von Szenarien bewusst sein.

Eine Schwäche der *transition scenarios* ist darin zu sehen, dass eine Unschärfe in Bezug auf Einbeziehung und Stellenwert der Prozesskriterien besteht. Zwar spielen sie bei der Definition der Kriterien eine wichtige Rolle und sind als Unterscheidungsmerkmal zu üblichen Szenarien zu sehen. Welchen Mehrwert aber jedes Prozesskriterium für die fertigen Szenarien liefert und wie die erfolgreiche Anwendung bewertet wird, bleibt bislang offen.

Insgesamt ist die Methode der *transition scenarios* als vielversprechender Ansatz zu bewerten, der darauf ausgerichtet ist, den langfristigen, tief greifenden Wandel nicht nur technischer Art zu untersuchen und Ansatzpunkte für die Mitgestaltung zu liefern.

### **Besonderheiten der vorliegenden Szenarioanalyse**

In der vorliegenden Arbeit werden *transition scenarios* um die Komponente der genauen Zieldefinition in Bezug auf das ökologische Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduktion erweitert, da dieses Ziel bereits politisch gesteckt wurde. Daher ist es notwendig, verschiedene Lösungswege zu generieren, die zeigen, wie der Übergang auf dieses politisch verankerte Ziel verfolgt werden kann und welche langfristigen Wirkungen erzielt werden können.

Im Laufe der Szenarioanalyse wird sowohl Zielwissen als auch Transformationswissen generiert. So geht es zum einen darum, wie die städtischen Strukturen die energiesuffizientes Verhalten fördern, langfristig aussehen könnten. Zudem wird in den Szenarien der Frage nachgegangen, durch welche Systemkomponenten der neue, aus Sicht der befragten Experten und Akteure wünschenswerte Zielzustand gekennzeichnet ist. Zum anderen entsteht Transformationswissen, indem konkrete Maßnahmen auf städtischer Handlungsebene ausgearbeitet werden, die die gewünschten Veränderungen einleiten und den Übergang gestalten.

Energiesuffizienz ist explizit als Strategie zur Förderung der Nachhaltigkeit in der Literatur definiert und enthält daher normative Annahmen. Diese können in *transition*

*scenarios* optimal aufgegriffen werden, da es auch hier um Wege zur nachhaltigen Entwicklung geht.

Bei der Szenarioanalyse wurde wie folgt vorgegangen: Das Grundgerüst der vorliegenden Szenarioanalyse bilden die Schritte zur Erstellung der *transition scenarios*. Die benötigten Daten wurden aus der Literaturanalyse, den Experteninterviews und den Akteursgesprächen gewonnen. Dann wurden erste Szenariopfade für den Personenverkehrs- und Raumwärmebereich entwickelt, die auf dem Akteursworkshop diskutiert wurden. Durch weitere Datenverfeinerungen (Ist-Daten zum Verkehrs- und Wärmeverhalten der Vohwinkeler Bevölkerung, sekundärstatistische Daten, Delphi-Befragung) wurden für jeden Szenariopfad ein quantitativer und ein qualitativ beschreibender Teil entwickelt. Mit Hilfe der Kartierung und Aussagen der Akteure wurde zudem ein räumliches Zukunftsbild erarbeitet. Eine kurze Einführung zur Logik der einzelnen Szenariopfade befindet sich in Kapitel 7.

## 5 Der Untersuchungsraum

Der Bezugsraum der Falluntersuchung ist der Wuppertaler Stadtbezirk Vohwinkel. Um eine vertiefende Betrachtung zu ermöglichen, wurde von der gesamtstädtischen Ebene ein Bezirk ausgewählt. In Kapitel 5.1 wird Vohwinkel vorgestellt. Dabei stehen Hintergrundinformationen im Fokus, die für die empirische Untersuchung von Interesse sind. In Kapitel 5.2 wird begründet, warum der Stadtbezirk Vohwinkel als Untersuchungsgebiet ausgesucht wurde. Zentrale Entscheidungen und Weichenstellungen der Stadtteilentwicklung werden zum Teil auf gesamtstädtischer Ebene in Abstimmung mit den Stadtbezirken getroffen. Daher wird im Anhang, Anlage 5 die Stadt Wuppertal mit ihren derzeitigen und zukünftigen Herausforderungen, die auch für Vohwinkel gelten, in knapper Form dargestellt.

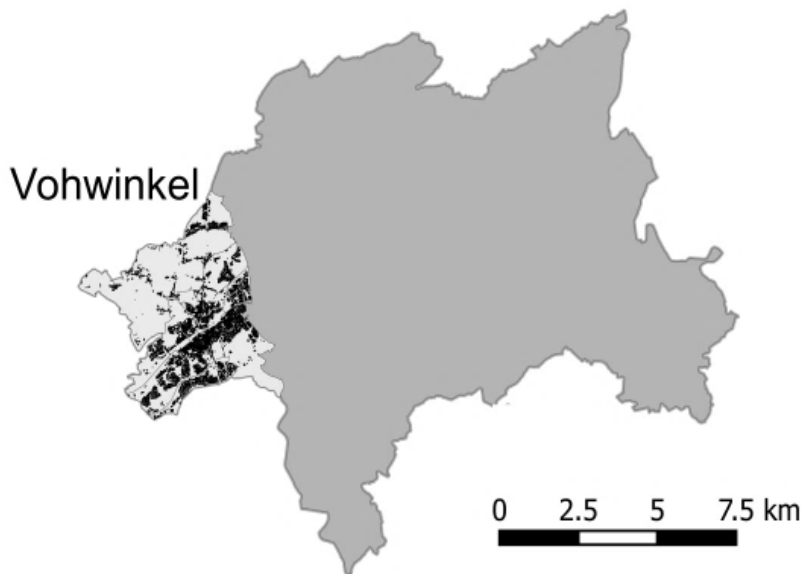
### 5.1 Wuppertal-Vohwinkel

Die Stadt Wuppertal ist in 10 Stadtbezirke untergliedert, von denen der westlichste Vohwinkel ist. 1929 ist die bis dahin eigenständige Stadt im Zuge der kommunalen Neugliederung in die Stadt Elberfeld-Barmen eingemeindet worden, die 1930 in Wuppertal umbenannt wurde. Noch heute hat sich Vohwinkel im Rahmen der Möglichkeiten seinen eigenständigen Charakter bewahrt (bspw. Arbeitsgemeinschaft Vohwinkeler Vereine, Aktion V – Werbegemeinschaft Vohwinkel e.V., aktive Bezirksverwaltung). Im Jahr 1975 wurden die Gebiete Schöller und Dornap, die bis dahin zu Gruiten bzw. Wülfrath gehörten, zum Vohwinkeler Quartier Schöller-Dornap vereint und damit Wuppertal eingemeindet.

Die Höhenunterschiede in Vohwinkel sind im Vergleich zu vielen anderen Bezirken in Wuppertal nicht so stark ausgebildet. Die Vohwinkeler Senke, die in Vohwinkel von westlicher in östlicher Richtung verläuft, liegt zwischen 180 und 135 m über NN. In ihr sind die Bahnlinie Düsseldorf-Hagen und die heutige Kaiserstraße Richtung Elberfeld angesiedelt. In nördlicher Richtung steigt ein Höhenzug an, der auf der Waldkampfbahn und auf der «Tescher Höhe» knapp 200 m über NN erreicht. Daran schließt sich das Dornaper Kalkgebiet an. In südlicher Richtung der Vohwinkeler Senke erhebt sich der Solinger Höhenrücken, der eine maximale Höhe auf Vohwinkeler Gebiet von 272 m über NN aufweist (vgl. Kraß o.J.a).

Abbildung 18 stellt die Lage Vohwinkels im Stadtgebiet dar.

Abbildung 18: Lage Vohwinkels im Stadtgefüge Wuppertals



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8; Kartengrundlage © OpenStreetMap Mitwirkende

In Tabelle 6 sind wichtige Schritte der Besiedlung und wirtschaftlichen Entwicklung Vohwinkels von der ersten urkundlichen Erwähnung bis zur Eingemeindung zusammengefasst.

Tabelle 6: Historische Entwicklung Vohwinkels

Zeit	Entwicklung/Ereignis
1365	Erste urkundliche Erwähnung Vohwinkels
Bis 1800	Vohwinkel besteht aus nur einem Gutshof auf Höhe des heutigen Lienhardplatzes.
1800-1840	Durch den Straßenbau wird der Gutshof zur Gastwirtschaft und Herberge. Weitere gastronomische Einrichtungen siedeln sich an.
1841-1850	Der Eiseinbahnbau führt zur Umgestaltung des Gutshofs zum Bahnhof und Postbüro.
1851	Die Einwohnerzahl nimmt in diesem Jahr von 58 auf 139 zu.
Ab 1852	Der Bau der Prinz-Wilhelm-Bahn nach Essen führt dazu, dass Vohwinkel zum Kohlenumschlagplatz wird. Kohlenlager und Speditionen entstehen und Niederlassungen von Zechen siedeln sich an. Eine vielfältige Gewerbestruktur ist die Folge (Farben-, eine Nadel- und eine Wagenfabrik sowie eine Spinnerei).
1877	Wegen der verkehrstechnisch günstigen Lage wird Vohwinkel Sitz des Landratsamtes des Kreises Mettmann, was die Ansiedelung weiterer vielfältiger Industriebetriebe (Spinnereien, Webereien, Kleineisenwerke und eine Maschinenfabrik) zur Folge hat.
1890-1900	Umfangreiche Baumaßnahmen setzen ein, da sich viele Arbeitskräfte ansiedeln. Die Ausbildung eines Geschäftszentrums beginnt.

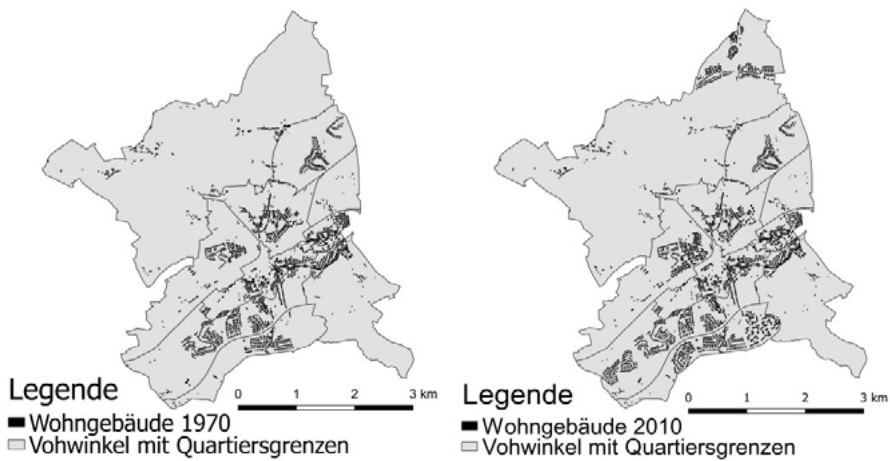
Zeit	Entwicklung/Ereignis
Um 1900	Durch den zunehmenden öffentlichen Personennahverkehr werden neue Arbeitsplätze geschaffen. Das Stadtzentrum rund um den heutigen Kaiserplatz ist fast vollständig bebaut. Weitere Bebauung findet entlang der Ausfallstraßen statt.
1921	Verleihung der Stadtrechte an Vohwinkel
1929/30	Im Zuge der kommunalen Neugliederung wird Vohwinkel Teil der Stadt Wuppertal.

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Kraß o.J.b

Die Auflistung zeigt, dass die Entfaltung Vohwinkels eng mit der Entwicklung der Verkehrswege zusammenhängt. Noch heute sind die Regionalbahnverbindung nach Düsseldorf und Köln sowie die S-Bahn nach Essen relevant. Die Korkenzieherbahn, die Vohwinkel mit Solingen verband, wurde genau wie die Nordbahntrasse (Rheinische Strecke) mittlerweile zum Fahrrad- und Fußweg umgebaut. Neben der Eisenbahn spielen seit jeher die Straßen eine wichtige Rolle in Vohwinkel. Bereits 1815 wurde die Straße von Solingen über Vohwinkel nach Essen (heute Bundesstraße 224) eröffnet (vgl. Kraß o.J.c). Die Autobahn 46, die die Quartiere Westring und Höhe teilt, besteht erst seit 1970. Nordöstlich bildet ab dem Sonnenborner Dreieck die Autobahn 535 die Grenze Vohwinkels zu Elberfeld-West und Uellendahl-Katernberg. Im Bereich öffentlicher Personennahverkehr zeichnet sich Vohwinkel durch zwei Besonderheiten aus. Erstens hat die 1901 eröffnete Schwebebahn ihre westliche Endstation in Vohwinkel. Zweitens fahren ab dem Bahnhof Vohwinkel Oberleitungsbusse nach Solingen, was ein erster Ansatzpunkt zum Ausbau der Elektromobilität in Vohwinkel ist. Der Bahnhof Vohwinkel mit dem großen Park & Ride (P&R)-Parkplatz (ca. 1.000 Parkplätze) bildet somit einen Ausgangspunkt für multimodales Verkehrsverhalten. Hierzu tragen auch die verschiedenen Buslinien bei, die am Bahnhof einen Knotenpunkt haben. Insgesamt gab es in den vergangenen Jahren eine Ausdünnung und Taktzeitverlängerung der öffentlichen Verkehrsmittel, besonders der Buslinien in Vohwinkel.

Neben der Ausweitung der Verkehrsfläche kam es zur kontinuierlichen Vergrößerung der Siedlungsfläche. Ausgehend von der Gegend um den heutigen Lienhard-Platz und den Bahnhof wurde zunächst schwerpunktmäßig das heutige Quartier Vohwinkel-Mitte bebaut. Darüber hinaus entstanden Bebauungen entlang der Ausfallstraßen (vgl. Kraß o.J.b). Auf den Höhenlagen im Norden (Osterholz, Tesche) und Süden (Höhe) entstanden nach dem zweiten Weltkrieg neben Ein- und Zweifamilienhaus-Gebieten auch Siedlungen mit Mehrfamilienhäusern. Ende der 1960er bis Mitte der 1970er-Jahre war die Zeit der größten Siedlungsflächenausweitung. Seit Beginn des neuen Jahrtausends verlangsamt sich die Bautätigkeit, doch trotz abnehmender bzw. stagnierender Einwohnerzahl gibt es besonders an den Rändern von Tesche und Höhe Wohnbauflächenreserven (vgl. Stadt Wuppertal 2009b).

In Abbildung 19 ist vergleichend die Wohnbebauung in den Jahren 1970 und 2010 dargestellt. Deutlich zu erkennen sind die Siedlungsausweitungen im Norden von Schöller-Dornap, in Osterholz, in Westring und in Höhe.

**Abbildung 19: Die Wohnbebauung in Vohwinkel in den Jahren 1970 und 2010**

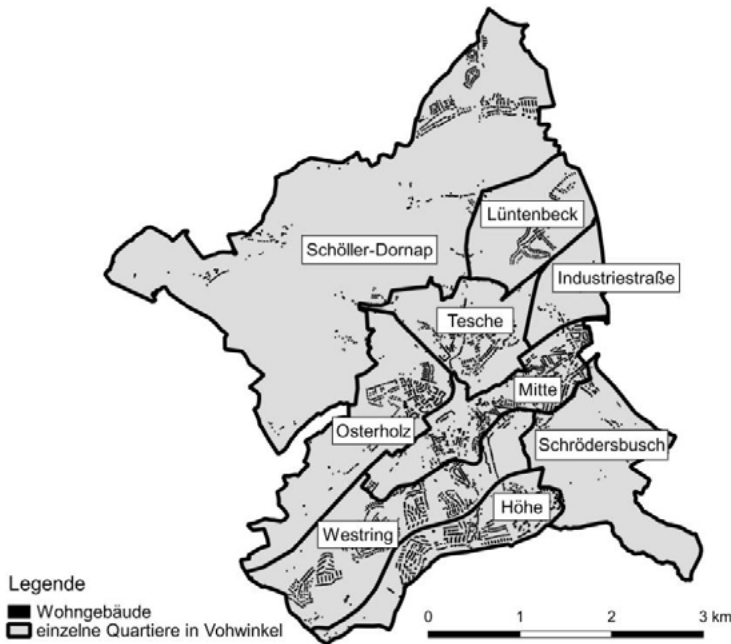
Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

Im Bereich der Energieinfrastrukturen ist zu erwähnen, dass in weiten Teilen Vohwinkels ein Gasnetz als leitungsgebundene Wärmeversorgung vorhanden ist (vgl. WSW 2010). Anders als viele andere Stadtbezirke Wuppertals ist Vohwinkel nicht an die Fernwärmeleitung angeschlossen. Neben den noch weit verbreiteten Ölheizungen wird Wärme auch über Nachtspeicherheizungen bereitgestellt. Erneuerbare Energien spielen für die Wärmeversorgung privater Haushalte bislang keine nennenswerte Rolle (vgl. Stadt Wuppertal 2012a).

In Abbildung 20 ist die Lage der neun Vohwinkler Quartiere im Bezirksgebiet dargestellt.



Abbildung 20: Quartiere in Vohwinkel



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

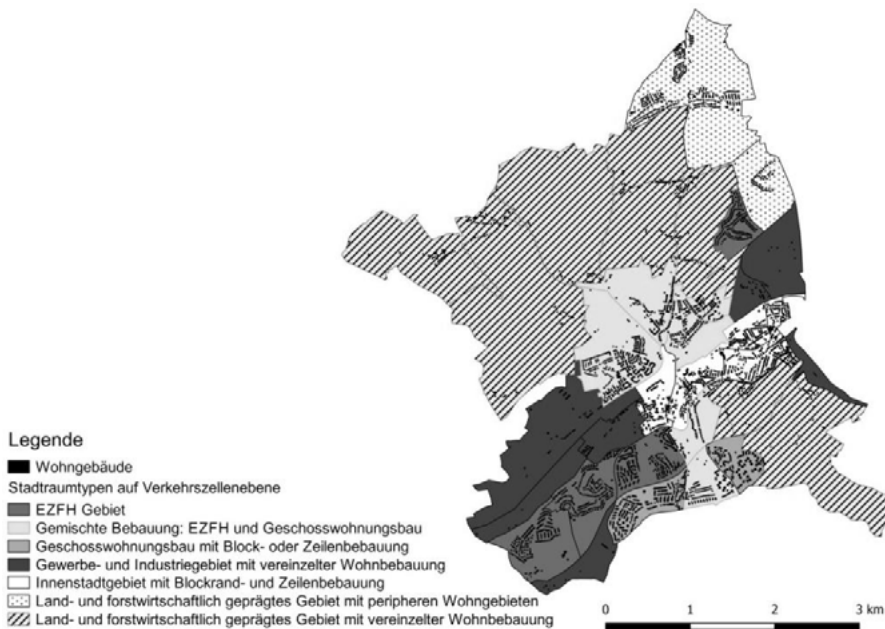
Wie in Tabelle 6 dokumentiert ist, blickt Vohwinkel auf eine über 150-jährige Wirtschaftstradition zurück. Neben der verarbeitenden Industrie (v.a. Maschinen- und Fahrzeugbau) und der Textilindustrie (Verarbeitung von Seide und Kunstseide) entstanden in der Gründerzeit Arbeitsplätze im Verwaltungsbereich (z.B. Landratsamt, Finanzamt, Postamt). Bis zum Einsetzen des wirtschaftlichen Strukturwandels ab den 1980er-Jahren erlebte Vohwinkel einen wirtschaftlichen Aufschwung. Seither ist der Bezirk von der Schließung einiger Fabriken und dem Verlust an Arbeitsplätzen betroffen. Dennoch sind auch heute noch einige Wirtschaftsbetriebe in Vohwinkel angesiedelt.

Vohwinkel zeichnet sich durch eine sehr heterogene Bebauungsstruktur aus. Gerade bei Wohngebäuden und Gebäuden mit Wohnnutzung wechseln sich die Gebäudetypen auf engem Raum ab. In

Abbildung 21 sind auf Verkehrszellenebene anhand vereinfachter Stadtraumtypen zentrale Nutzungs- und Bebauungsstrukturtypen des Stadtbezirks dargestellt. Weite Gebiete des Bezirks sind überwiegend land- und forstwirtschaftlich geprägt. Die Gebiete mit einem hohen Anteil an Wohnbebauung finden sich in zentraler Lage (Teile des Quartiers Vohwinkel-Mitte die nördlich angrenzenden Gebiet von Osterholz und Tesche sowie im Süden und Südwesten Teil von Westring und Höhe). Die Auswahl

von Stadtraumtypen erfolgte auf Grundlage von BEERMANN et al. (vgl. 2013: 27), BMVBS/BBSR (vgl. 2009: 6) und WESTPHAL (vgl. 2008: 55).

**Abbildung 21: Detailkarte Vohwinkel: Stadtraumtypen auf Verkehrszellenebene**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8 Kartengrundlage Stadt Wuppertal

Die Erarbeitung verschiedener Szenarien für die zukünftige Entwicklung Vohwinkels wird Teil der empirischen Untersuchung sein. Eine Prognose für die Einwohnerentwicklung des Stadtbezirks aus dem Jahr 2011 ist bis zum Jahr 2040 fortgeschrieben (vgl. Stadt Wuppertal 2011b). Demnach ist aufgrund des langjährig negativen natürlichen Bevölkerungssaldos und Wanderungsverlusten mit einer langfristigen Abnahme der Bevölkerung zu rechnen. Seit 2012 ist die Bevölkerung entgegen der langfristigen Prognosen leicht angestiegen. Ende 2015 hatte Vohwinkel eine Bevölkerungszahl von 31.193 (vgl. Stadt Wuppertal 2016b). Bei linearer Fortschreibung der langfristigen Bevölkerungsprognose aus dem Jahr 2011 wird die Einwohnerzahl im Jahr 2050 in etwa den Stand von 1950 erreichen (siehe Tabelle 7). Laut der mittelfristigen Bevölkerungsprognose 2007 wird Vohwinkel der Stadtbezirk innerhalb Wuppertals sein, der bis 2025 prozentual mit minus 13,5 % die meisten Einwohner verliert (vgl. Stadt Wuppertal 2008b).

**Tabelle 7: Einwohnerentwicklung in Vohwinkel von 1851 bis 2050**

Jahr	Einwohnerzahl
1851	139
1888	5.315
1910	14.730
1950	25.148
1970	28.520
1990	33.401
2010	30.969
2030*	26.980
2050*	24.149

\* Prognosen

Quelle: eigene Darstellung nach Ziegler 1929; Stadt Wuppertal 2014; Prognose für 2030 Stadt Wuppertal 2011b; Prognose für 2050 eigene Berechnung

Die Arbeitsplatzdichte liegt im Jahr 2010 in Vohwinkel mit 676 Erwerbstätigen am Arbeitsort je 1.000 Einwohner im erwerbsfähigen Alter niedriger als der Bundesdurchschnitt mit 787 im Jahr 2013 (vgl. eigene Berechnung nach Daten der Stadt Wuppertal 2012c; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2014). Innerhalb der Quartiere ist sie mit Ausnahme der industriell geprägten Quartiere Industriestraße und Lüntenbeck ausgeglichen (vgl. Tabelle 8).

**Tabelle 8: Ausgewählte Daten zu Vohwinkel und seinen Quartieren für das Jahr 2010**

Quartier	Einwohnerzahl	Fläche (km <sup>2</sup> )	Einwohnerdichte (pro km <sup>2</sup> )	Haushalte (HH)	Personen pro HH	m <sup>2</sup> Wohnfläche pro Person	Arbeitsplatzdichte*
Vohwinkel-Mitte	8.937	1,48	6.039	4.610	1,9	39,9	586
Osterholz	3.927	1,96	2.004	1.764	2,2	41,7	594
Tesche	3.949	1,34	2.947	1.864	2,1	37,0	586
Schöller-Dornap	3.031	8,08	375	1.342	2,3	40,9	608
Lüntenbeck	1.112	1,32	842	521	2,1	41,5	1.060
Industriestraße	188	0,70	268	104	1,8	42,0	10.752
Westring	3.936	2,29	1.733	1.780	2,2	42,2	569
Höhe	5.301	1,22	4.245	2.159	2,5	37,1	598
Schrödersbusch	588	2,03	290	264	2,2	51,3	833
Vohwinkel	30.969	8,08	1.517	14.408	2,2	40,0	676

\* Je 1.000 Einwohner zwischen 15 und 65 Jahren

Quelle: alle Daten außer *m<sup>2</sup> Wohnfläche pro Person* Stadt Wuppertal (2012c) teilweise eigene Berechnungen; Daten *qm pro Person* (d.h. Wohnfläche inklusive Leerstand) WSW 2011, eigene Berechnung

## 5.2 Begründung der Auswahl des Stadtbezirks

Im Folgenden wird zum einen dargestellt, warum sich die Untersuchung einer Energiesuffizienz fördernden Stadtentwicklung auf einen Stadtbezirk fokussiert und zum anderen, warum Vohwinkel als Falluntersuchung ausgewählt wurde.

Neben der Wahl der gesamtstädtischen Ebene und des Stadtbezirks als Untersuchungsraum ist es auch denkbar, die Analyse auf ein Quartier zu begrenzen. Alle drei Ebenen sind in Wuppertal konkret abgegrenzte Gebiete, allerdings liegen umso weniger Daten vor, je kleinräumiger die Ebene ist. Die Wahl der angemessenen Betrachtungsebene wurde auch in einigen explorativen Experteninterviews diskutiert.

Mehrere Gründe sprechen für die Stadtbezirksebene. So sind siedlungsstrukturelle Gegebenheiten in einem Bezirk gut zu untersuchen. Die Auswahl dient somit der Eingrenzung auf nähräumliche Strukturen, da viele Strategien und Maßnahmen die Wohnumfeldbedingungen betreffen. Nahversorgung und Nahmobilität spielen bei der Energiesuffizienzorientierung eine wichtige Rolle. Darüber hinaus ist der Bezirk eine interessante Ebene für partizipative Verfahren und Bürgerbeteiligung, die einen wichtigen Aspekt der methodischen Konzeptionierung der Arbeit darstellen. Außerdem ermöglicht die Bezirksebene die Entwicklung konkreter, räumlicher Bilder für die Zukunft. Die Eingrenzung ermöglicht eine differenziertere und kleinräumlichere Betrachtung des Falls als auf gesamtstädtischer Ebene. Die Quartiersebene würde gerade im Verkehrsverhalten und je nach siedlungsstrukturellen Faktoren viele Optionen ausblenden. Die Bezirksebene stellt sicher, dass verschiedene Funktionen und Bebauungsstrukturen untersucht werden können, die vergleichbar mit einer Kleinstadt sind. Während im Bereich Raumwärme die Abgrenzung des Betrachtungssystems relativ eindeutig ist (es werden die auf dem Gebiet des Stadtbezirks stehenden Wohnhäuser und Flächen für Wohnnutzung betrachtet), ist es im Verkehrsbereich nicht sinnvoll, nur den Verkehr auf der Fläche des Bezirks in Bezug auf Energieverbrauch zu betrachten. Daher wird das Wohnortprinzip angewandt. Das heißt, dass alle Wege der Bewohner eines Bezirks betrachtet werden, egal auf welchem Gebiet sie stattfinden.

### **Vohwinkel:**

Im Rahmen eines halbtägigen Workshops im September 2010 wurde mit sieben Mitarbeitern der Stadt Wuppertal und zwei Mitarbeitern der Wuppertaler Stadtwerke (WSW) nach intensiver Diskussion und Abwägung der Vor- und Nachteile Vohwinkel als Untersuchungsbezirk ausgewählt. Bei der Auswahl standen zwei Fragen im Vordergrund:

- Wo sind in Wuppertal in den nächsten 40 Jahren dynamische Stadtentwicklungsprozesse insbesondere im Hinblick auf den demografischen Wandel (Schwerpunkt Schrumpfung, auch älter und bunter) zu erwarten?
- Wo ergeben sich Potenziale, um über Energieversorgungsstrukturen und neue Verkehrskonzepte nachzudenken?

### Gründe für die Wahl Vohwinkels als Beispielstadtteil:

- Größter prozentualer Bevölkerungsrückgang verglichen mit allen anderen Wuppertaler Stadtbezirken bis 2025 erwartet; bis 2050 könnte in Vohwinkel eine Verringerung der Einwohnerzahl um 22 % im Vergleich zu 2010 eintreten.
- Die vergleichsweise geringeren Höhenunterschiede ermöglichen eine bessere Übertragung auf andere Städte.
- Der fehlende Anschluss an die Wuppertaler Fernwärmeleitung, eine relativ hohe Zahl an Öl- und Nachtspeicherheizungen weisen auf ein langfristiges Veränderungspotenzial im Raumwärmebereich hin.
- Vohwinkel ist immer noch Verkehrsknotenpunkt für viele Verkehrsmittel (großer Park & Ride-Parkplatz, Regionalbahnhof, S-Bahnen, Schwebefahrendstation, Oberleitungsbus nach Solingen, Fahrradwege (u.a. Nordbahntrasse, Korkenziehertrasse), *car sharing*-Station, Nähe zu zwei Autobahnan-schlüssen (Haan-Ost A 46 und Wuppertal-Dornap A 535).
- Großes bürgerschaftliches Engagement und hohe Identifizierung der Bevölkerung mit dem Stadtteil
- Forschungslücke: Vohwinkel ist nicht Teil von Förder- und Forschungsprojekten wie «Soziale Stadt» oder «Stadtumbau-West».

Für die Wahl Wuppertals als Bezugsraum und die weitere Eingrenzung auf Vohwinkel sprachen außerdem forschungsökonomische Gründe. Die Arbeit entstand im Rahmen eines Promotionskollegs, in dem sich alle Dissertationsvorhaben mit Wuppertal und einige mit Vohwinkel befassten. Eine enge Zusammenarbeit mit und viele Kontakte zu Wuppertaler Akteuren erleichterten die Datenbeschaffung. Die räumliche Nähe zum Arbeits- und Wohnort Wuppertal-Elberfeld vereinfachte zudem die Datenerhebung.

## 6 Das Handlungsfeld Energiesuffizienz in Vohwinkel: die Phase der Problemanalyse<sup>7</sup>

In diesem Kapitel erfolgt die empirische Anwendung des theoretischen Analysekonzeptes auf das Feld der Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung. Am Beispiel Vohwinkels wird eine Akteurs- und Maßnahmenanalyse unter Einbeziehung der jeweiligen Akteurssicht auf ihre Rolle im Zuge Energiesuffizienzförderung durchgeführt. Ergänzt wird die Akteurssicht auf Vohwinkel durch eine räumliche Analyse der (Infra-)Strukturen und funktionalen Gegebenheiten mittels Kartierung und Auswertungen durch ein kartographisches Programm. Diese Schritte bilden zusammen die Phase der Problemanalyse im *transition enabling cycle*. Sie dienen dazu, Systemwissen im Bereich Wärme- und Verkehrsinfrastruktur in Vohwinkel zu generieren. Außerdem werden die Schritte 1, 2, 5 und 6 der Methode *transition scenario* durchgeführt.

Die Problemanalyse stützt sich zum einen auf die Aussagen der Experten- und Akteursinterviews sowie des Akteursworkshops, die wiederum mit der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet wurden. Zum anderen wurde bei der räumlichen Analyse eine Kartierung vorgenommen, deren Ergebnisse zum Teil mit kartographischen Auswertungsmethoden weiter ausgewertet und in digitale Karten eingetragen wurden.

Ziele dieses Kapitels sind es:

- ein umfassendes Bild über die als zentral einzustufenden Akteure zu erhalten. Das beinhaltet zum einen die Frage, wer die zentralen Akteure sind. Zum anderen, wie sie ihre eigene Rolle und die anderer Beteiligter im Handlungsfeld einschätzen, welche Handlungsmöglichkeiten und -orientierung sie besitzen (Kapitel 6.1).
- die Interaktionsform der Akteurslandschaft zu bestimmen (Kapitel 6.2.1).
- das Forschungsfeld mit seinen Hemmnissen und Chancen (Kapitel 6.2.2 und 6.2.3) sowie Strategien und Maßnahmen (Kapitel 6.3) auf Stadtbezirksebene zu erfassen.
- funktionale Stärken und Schwächen der Teilräume in Vohwinkel zu erheben, die die Sichtweise und Wahrnehmung der befragten Akteure ergänzen (Kapitel 6.2.4).

Das Categoriesystem der Inhaltsanalyse bezieht sich auf die zentralen Akteursaspekte dieser Phase (vgl. Abbildung 22).

- Identifikation von Hauptakteuren (6.1)

Hierbei werden Aussagen ausgewertet, die sich auf die Nennung einzelner **Akteure** und die Begründung der Wichtigkeit beziehen. Die einzelnen Akteure werden darauf-

<sup>7</sup> In Teilen vorveröffentlicht in Gröne (2016)

hin nach ihrer internen Struktur und dem sich daraus ergebenden **Akteurstypen** untersucht.

- Handlungsressourcen der Akteure (6.1)

Unter dieser Kategorie werden alle Aussagen zusammengefasst, die sich auf Aspekte beziehen, die die **Handlungsfähigkeiten und -möglichkeiten** der einzelnen Akteure ausmachen. Diese können entweder individuell von der handelnden Person abhängen (z.B. Intelligenz, Überzeugungskraft) oder an die Funktion und Position des kollektiven Akteurs gebunden sein (z.B. finanzielle Ressourcen eines Vereins).

- Interessen und Positionen (6.1)

Diese Auswertungskategorie umfasst alle Aussagen der befragten Akteure zu ihrer **Handlungsorientierung**. Darunter fallen Äußerungen zur Wahrnehmung und Bewertung des Handlungsfeldes und der anderen Akteure sowie zu den Motiven für Handeln oder Nichthandeln sowie zur Interaktionsorientierung.

- formale, normative und kognitive Regeln der Akteurslandschaft (6.2)

Hier stehen Aussagen zum Zusammenspiel der Akteure im Vordergrund. Von besonderem Interesse sind daher die **Interaktionsformen**, die das Feld bestimmen, wie einseitiges Handeln und wechselseitige Anpassung, Verhandlung, Mehrheitsentscheidung sowie die hierarchische Steuerung. Außerdem wird das Augenmerk auf den **institutionellen Kontext (Rahmenbedingungen)** der derzeitigen Situation gelegt.

- Hemmnisse, die den Prozess der Suffizienzförderung beeinflussen (6.2)

Diese Auswertungskategorie umfasst alle Aussagen, die Barrieren und Hindernisse aufzeigen, warum Suffizienz und deren Förderung schwer umzusetzen sind. Sie können auf **individueller oder auch auf städtischer, nationaler oder gesellschaftlicher Ebene** liegen.

- Chancen, die den Prozess der Suffizienzförderung beeinflussen (6.2)

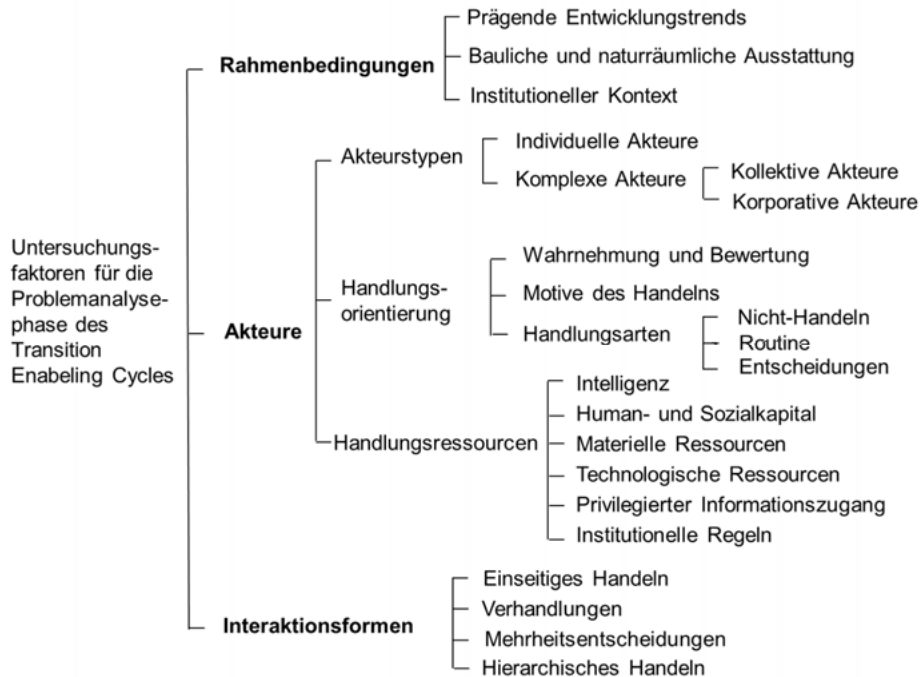
Unter dieser Kategorie werden Äußerungen zusammengefasst und evaluiert, die sich auf die Möglichkeiten und **Entwicklungen auf unterschiedlichen funktionalen Ebenen** beziehen, die dazu führen, dass Energiesuffizienz gefördert und umgesetzt wird (z.B. **bauliche oder naturräumliche Ausstattung**).

- Strategien und Maßnahmen zur Ermöglichung und Umsetzung von Suffizienz (6.3)

Diese Kategorie bildet den Kern der Maßnahmenidentifizierung. Es werden hier alle Aussagen zusammengefasst, die **Fördermöglichkeiten und Verhaltensmaßnahmen** für Energiesuffizienz im städtischen Kontext aufzeigen und bewerten.

Abbildung 22 fasst die zentralen Untersuchungsfaktoren zusammen, die abgeleitet aus dem Akteurzentrierten Institutionalismus in Kapitel 3.2 für die Akteursanalyse und Analyse des Handlungsfeldes von Bedeutung sind.

**Abbildung 22: Untersuchungsansatz abgeleitet aus dem AZI**



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Kreuzer/Scholz 2011

## 6.1 Akteursanalyse

Die Identifizierung der Hauptakteure im Handlungsfeld Energiesuffizienz erfolgt auf Grundlage der Experteneinschätzungen. Dabei sind Akteure nicht nur auf der Mikroebene von Haushalten und individuellem Verhalten im Interesse, sondern auch Multiplikatoren und Förderer für energiesuffizientes Verhalten. Darüber hinaus werden die Analysekategorien «Handlungsressourcen» der Akteure sowie ihre Interessen und Positionen (Handlungsorientierung) ausgewertet. Sie stützen sich auf die Experteninterviews und die Akteursgespräche.

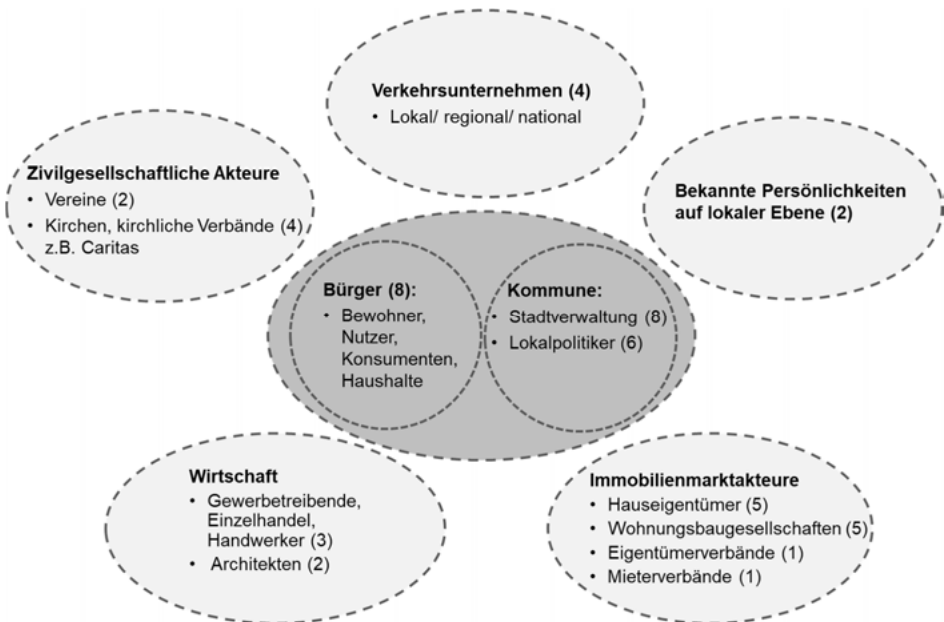
Abbildung 23 gibt einen Überblick über die verschiedenen Akteure im Handlungsfeld. Es lassen sich sieben Akteursgruppen ausmachen, die teilweise in mehrere Unterakteure eingeteilt werden. Im Zentrum stehen zwei Akteursgruppen: die Bürger und die Kommune. Sie wurden jeweils von mehr als der Hälfte der 15 interviewten Experten als zentrale Akteure angeführt. Die gestrichelte Linie um die einzelnen Akteursgruppen machen deutlich, dass die Mitglieder der einzelnen Gruppen mehreren Gruppen ange-



hören können. Die Zahlen in Klammern geben an, wie viele der Experten die Akteure als zentral für das Handlungsfeld eingestuft haben.

In der Expertenbefragung wird die **Kommune** als entscheidender Akteur bei der Schaffung Energiesuffizienz ermöglichender Strukturen auf Stadt(teil)ebene herausgestellt. Als Begründung wird angegeben, dass Rahmenbedingungen für energiesuffizientes Verhalten, die eher auf Bundes- und Landesebene ausgemacht werden, auf kommunaler Ebene in konkrete lokalpolitische Entscheidungen durch die Stadtverwaltung umgesetzt werden. Damit wird deutlich, dass es nicht genügt, von «der Kommune» als Akteur zu sprechen. Viele Experten differenzieren zusätzlich zwischen **Lokalpolitikern**, die dem Stadtparlament angehören und der **Stadtverwaltung**. Viele Interviewpartner heben aus dem Bereich der Stadtverwaltung besonders das **Stadtplanungsamt** hervor, das ein Stück weit durch die Steuerung der Siedlungstätigkeit Einfluss nehmen kann.

**Abbildung 23: Zentrale Akteure im Handlungsfeld Energiesuffizienz in der Stadt(bezirks)entwicklung**



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage der Expertengespräche

**Lokalpolitiker** werden als individuelle Akteure definiert, die ihre sehr unterschiedlichen persönlichen Ressourcen wie Intelligenz, Bildung, Lebenserfahrung und Werteorientierung in das Handlungsfeld mit einbringen und sehr unterschiedliche Interessen verfolgen können. Als Mitglieder des Stadtparlamentes (-rates) oder der Bezirksvertretung gehören sie korporativen Akteuren an. In Tabelle 9 werden zentrale Merkmale

und Einstellungen der Lokalpolitiker dargestellt, die auf Grundlage der Gespräche mit Vohwinkeler Akteuren abgeleitet sind.

**Tabelle 9: Akteursanalyse: Lokalpolitiker**

	Lokalpolitiker	
	Bezirksvertretung	Stadtparlament
Akteurstyp	Korporativer Akteur	Korporativer Akteur
Handlungsressourcen	Entscheidungs- und Anhörungsrechte: Entscheidungen über die Unterhaltung und Ausstattung der im Stadtbezirk gelegenen Schulen und öffentlichen Einrichtungen, wie Sportplätze, Angelegenheiten der Pflege des Ortsbildes sowie der Grünpflege, die Betreuung und Unterstützung von Vereinen, Verbänden und sonstigen Initiativen im Stadtbezirk	formale Entscheidungsgewalt in Form von abschließenden Beschlüssen (z.B. Flächennutzungsplan) und Satzungsbeschlüsse auf der Grundlage des Baugesetzbuchs (Bebauungsplan)
	finanzielle Ressourcen, die vom Stadtparlament bereit gestellt werden	finanzielle Ressourcen durch eine Reihe von Einnahmen (z. B. Steuereinnahmen)
	Humankapital großes Wissen über die Belange und Probleme im Bezirk	materielle Ressourcen (z.B. Immobilien und Liegenschaften)
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Energiesuffizienz ist noch nicht auf der politischen Agenda verankert; als wichtige Handlungsmöglichkeiten werden gesehen: Planung der (sozialen) Infrastruktur, Rahmensetzungsfunktion, Sensibilisierungsfunktion gegenüber Bürgerschaft, Vorbildfunktion, Finanzierung von Projekten sowie Agenda Setting	
Derzeitige Rolle	Position noch nicht etabliert	
Zukünftige Rolle	aktivere Rolle möglich: Steuerung der Siedlungstätigkeit durch Bebauungspläne, vermehrte Beratungsangebote	

Quelle: eigene Darstellung

Vier Lokalpolitiker aus Vohwinkel wurden interviewt. Als Hemmnis für einen vermehrten Einsatz für das Thema Energiesuffizienz von Seiten der Lokalpolitiker wird ein generell zu geringes Engagement von allen Akteuren des Handlungsfeldes angeführt. So wünschen sich die Politiker, dass ein gesellschaftlicher Prozess des Umdenkens in Richtung Suffizienzbelange stattfindet. Außerdem würden mehr finanzielle Mittel ein engagierteres Handeln erleichtern, was ein Interviewpartner auf den Punkt bringt:

«Es gibt ja kaum noch Stadtentwicklung, denn man verwaltet ja immer den Mangel und fragt sich immer, wo die Investoren sind, die das für uns machen können. Ich bin da etwas frustriert, das merken Sie ja schon.» (GP 8)

Bei der Bewertung und Wahrnehmung von sich und anderen Akteuren der Energiesuffizienzförderung unterscheiden die Politiker selbst zwischen Mitgliedern der Bezirksvertretung und dem Stadtrat:

«Ich sehe da die Spannung zwischen den Politikern im Stadtrat und den Bezirkspolitikern. So traurig das ist. Das ist ganz unabhängig von der Partei.» (GP 13)

So wird besonders das Thema Schulschließungen, das vom Stadtrat beschlossen wird, von den Bezirkspolitikern kritisiert. Gelobt wird die Arbeit der örtlichen Wohnungsgenossenschaften mit ihrem Engagement für die Umstrukturierung einzelner Viertel. Bei den privaten Immobilienbesitzern wird beobachtet, dass das hohe Alter der Besitzer Sanierungsinvestitionen oft verhindert. Außerdem ist eine Mieterhöhung nach der Instandsetzung aufgrund des allgemeinen Wohnungsmarktes nicht möglich. In Bezug auf die Gruppe der Bürger hat ein Politiker die Erfahrung gemacht, dass oft falsches Lüftungs- und Heizverhalten zu beobachten ist, was wiederum auf Potenzial für Energiesuffizienzförderung in diesem Bereich hinweist.

Die **Stadtverwaltung** im Allgemeinen und das **Stadtplanungsamt** im Besonderen sind korporative Akteure, die durch hierarchische Steuerung handeln. In Tabelle 10 werden Merkmale und Einstellungen der Stadtverwaltung, insbesondere des Stadtplanungsamtes, zusammengefasst, die durch die Auswertung der Gespräche mit Vohwinkeler Akteuren deutlich wurden.

**Tabelle 10: Akteursanalyse: Stadtverwaltung (Stadtplanungsamt)**

	Stadtverwaltung (Stadtplanungsamt)
Akteurstyp	Korporativer Akteur
Handlungsressourcen	Gestaltungsmacht in den einzelnen Ressorts durch die tatsächliche Ausgestaltung der räumlichen und sozialen Strukturen (z.B. Stadterneuerungsprogramme, Aufstellen des FNPs)
	privilegiert Informationszugang zu vielen Stadtentwicklungsthemen aufgrund der Erhebungen und Aufbereitung von relevanten Daten durch die städtischen Statistikämter
	Humankapital der Angestellten und Beamten mit hohem Fachwissen im Bereich der Stadtentwicklung
	informelle Ressource: Agenda Setting, wenn Vorschläge ausarbeitet werden, die zur formalen Abstimmung dem Stadtparlament vorgelegt werden
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Energiesuffizienz ist bei einigen Interviewpartnern bereits ein fester Bestandteil des Handelns, für andere ist das Feld neu. Handlungsfelder: Wegelängenverkürzung durch Flächenausweisung, Beratungs- und Informationsfunktion bei der Suche nach Wohnstandorten, genauso wie Steuerungsmöglichkeiten beim Einzelhandel
Derzeitige Rolle	Einflusspotenzial momentan eh er gering
Zukünftige Rolle	aktivere Rolle wünschenswert und möglich: Planung von Siedlungsrückbau und Ausweitung der Beratungsangebote

Quelle: eigene Darstellung

Drei Mitarbeiter der Stadtverwaltung konnten für Gespräche gewonnen werden. Als Hemmnis für ein stärkeres Engagement wird angeführt, dass der Wille der Bevölkerung zum Weniger-Verbrauch noch nicht ausgeprägt genug ist, um von stadtplanerischer Seite aktiver für das Thema einzutreten. Die Interviewpartner wünschen sich mehr Förderprogramme für Beratung und Information für die Bürger, ebenso wie Gesetze auf Bundes- und Landesebene, die energiesuffizientes Verhalten verbindlicher fordern.

Die Wahrnehmung der Handlungsorientierung anderer Akteure im Energiesuffizienzfeld zeigt eine Reihe von Gründen auf, warum Suffizienzförderung von Seiten der Stadtplaner als schwierig eingestuft wird. So haben die interviewten Stadtplaner die Erfahrung gemacht, dass es schwer sei, erstens Hauseigentümer vom Rückbau zu überzeugen und zweitens Wohnungsbaugesellschaften generell für das Thema Energiesuffizienzförderung zu motivieren. Außerdem sehen sie eine verstärkte Nachfrage nach neuen Baugrundstücken hauptsächlich am Stadtrand, was der Energiesuffizienzförderung entgegenwirkt.

Die Mehrzahl der Experten nennt als weiteren, zentralen Akteur die Gruppe der **Bürger**. Im Einzelnen setzt sich dieser sehr heterogene Akteur aus den Nennungen Konsumenten, Bewohner, Nutzer und Haushalte zusammen. Wenn die Bürgerschaft überhaupt als ein handelnder Akteur zu begreifen ist, ist er als kollektiver Akteur zu bezeichnen, da die Handlungsressourcen bei den einzelnen Personen verbleiben. Dieser Akteur ist bei der Umsetzung von Energiesuffizienz-Maßnahmen von zentraler Bedeutung, da ohne die Einsicht und den Willen der Bürger Suffizienz schwer zu fördern und umzusetzen ist.

Neun der 15 interviewten Akteure haben ihren Wohnsitz in Vohwinkel und sind damit Vohwinkeler Bürger. Dennoch werden sie alle auch noch mindestens einer weiteren Akteursgruppe zugeordnet. Als Interessen und Positionen der Bürger werden nur solche Aussagen ausgewertet, in denen die Interviewpartner sich eindeutig auf ihre Position als Bürger beziehen (bspw. Aussagen wie: «Also privat sehe ich mich...», «Zuhause bei mir und meiner Familie»). Berührungspunkte im Alltag mit dem Thema Energiesuffizienz sehen viele der interviewten Bürger. Zu den Wünschen der Bürger zählt zum einen eine stärkere Unterstützung von Suffizienzbelangen von Seiten der Politik, zum anderen wird ein gesellschaftlicher Prozess des Umdenkens angestrebt. Ein Hemmnis für mehr Energiesuffizienz wird darin gesehen, dass bei Privatleuten derzeit noch viel über den Preis und die Kosten entschieden wird, was dazu führt, dass viele Leute energieintensive Güter und Dienstleistungen so lange nachfragen werden, wie sie es sich leisten können.

In Tabelle 11 sind die Eigenschaften und Motive der Akteursgruppe Bürger auf Grundlage der Akteursgespräche zusammengefasst.

**Tabelle 11: Akteursanalyse: Bürger**

	Bürger (Konsumenten, Bewohner, Nutzer und Haushalte)
Akteurstyp	Kollektiver Akteur
Handlungsressourcen	Umgang mit materiellen Ressourcen wie Immobilien oder Autos und Investitionsentscheidungen (langfristige Wirkung) Entscheidungen über tägliches Handeln (Nutzung/Nicht-Nutzung bestimmter Angebote und Infrastrukturen)
	Wahlrecht als institutionelle Regel: Möglichkeit, Entscheidungsmacht auszuüben, indem Bürger die Repräsentanten wählen, die ihre Interessen und Wünsche am besten vertreten
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Berührungspunkte im Alltag mit dem Thema Energiesuffizienz sehen viele der interviewten Bürger. Dazu zählt die bewusste Entscheidung, Strecken mit dem Fahrrad zurückzulegen oder am Arbeitsort zu wohnen.
Derzeitige Rolle	Ihre derzeitige Bedeutung sehen die interviewten Bürger darin, durch ihr eigenes Handeln ein Vorbild für andere Personen in ihrem Umfeld zu sein.
Zukünftige Rolle	Weiterhin Vorbildrolle; Bürgerschaft wird allgemein Energiesuffizienz im Alltag vermehrt umsetzen müssen.

Quelle: eigene Darstellung

Eine weitere Akteursgruppe, die von den Experten als zentral eingestuft wird, sind die **Immobilienmarktakteure**. Viele Gesprächspartner nennen die privaten **Haus- oder Wohnungseigentümer**, die zum einen als Vermieter und zum anderen als Bewohner des Eigentums auftreten. Werden die Immobilienbesitzer über die individuelle Ebene hinweg betrachtet, handelt es sich um einen kollektiven Akteur, dessen Hauptziel Vermietung bzw. der Eigennutz ist. Dabei ist zu beobachten, dass gerade bei Interviewpartnern ab einem Alter von Mitte 50 Entscheidungen anstehen, was mit der Immobilie in naher Zukunft geschieht. Ein Interviewpartner macht das deutlich, indem er sagt:

«Meine Frau würde auch lieber in eine kleinere Wohnung in der Stadt ziehen. Wir wohnen da ja jetzt nur noch zu zweit auf vier Etagen, weil unsere Töchter ausgezogen sind.» (GP 8)

Tabelle 12 zeigt Merkmale und Einschätzungen privater Immobilienbesitzer in Vohwinkel.

**Tabelle 12: Akteursanalyse: private Haus- und Wohnungseigentümer**

	Private Haus- und Wohnungseigentümer
Akteurstyp	Kollektiver Akteur
Handlungsressourcen	Materielle Ressource: Haus/Wohnung Entscheidungsmacht zur Weiterentwicklung (Sanierung, Abriss etc.) der Immobilie
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Während ein Gesprächspartner sich und seine Akteursgruppe als besonders aktiv in Bezug auf die Umstrukturierung und Aufwertung des Wohnungsangebotes wahrnimmt, schätzen die übrigen ihre Möglichkeiten aufgrund fehlender finanzieller Ressourcen eher schwierig ein.
Derzeitige Rolle	Tendenziell heute als gering eingeschätzt
Zukünftige Rolle	große zukünftige Bedeutung: Anpassung an die Wohnwünsche/Nachfrage (Sanierung)

Quelle: eigene Darstellung

Neun der Interviewpartner besitzen Wohnimmobilien in Vohwinkel. Für die Zukunft wurde der Wunsch nach einem Umbaumanagement geäußert, das durch Abrissprämien vom Bund oder Land unterstützt wird, um durch Rückbau Anpassung an die Bedarfe zu ermöglichen. Ein privater Hausbesitzer gibt an, dass gerade große Finanzinvestoren, die Immobilien in Vohwinkel besitzen, zu wenig in ihren Bestand investieren.

Darüber hinaus werden von mehreren Interviewpartnern die **Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften** als zentrale Akteure gesondert aufgeführt. Während Wohnungsbaugesellschaften als korporative Akteure hierarchisch gesteuert werden, wird bei Wohnungsbaugenossenschaften durch Abstimmung über den Einsatz der Handlungsressourcen entschieden. In Tabelle 13 werden Merkmale und Einschätzungen der lokalen Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften dargestellt.

**Tabelle 13: Akteursanalyse: Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften**

	Lokale Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften
Akteurstyp	Korporative Akteure
Handlungsressourcen	Fachwissen der Unternehmer und Angestellten zu Belangen der Raumwärme und des Wohnungsmarktes; materiellen Ressourcen wie Vermögen und Immobilien; privilegierter Informationszugang zu relevanten Daten
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Energiesuffizienz ist heute schon in geringem Umfang Thema: z.B. Unterstützung und Beratung von Mietern, die bei Verkleinerung der Haushaltsgröße innerhalb des Wohnungsangebotes der Genossenschaft eine kleinere Wohnung suchen. Mit den WSW wird teils heute schon bei der Beratung zur Energieeinsparung zusammengearbeitet
Derzeitige Rolle	zentrale Bedeutung wird derzeit noch nicht gesehen
Zukünftige Rolle	kontinuierliche Beratungsangebote und Aufwertung des Wohnungsbestandes

Quelle: eigene Darstellung

Ein Vertreter einer lokalen Wohnungsbaugenossenschaft konnte für ein Gespräch gewonnen werden. Die Wahrnehmung der privaten Hausbesitzer durch den Gesprächspartner deckt sich mit der Selbsteinschätzung des Akteurs. So wird die Position der privaten Hausbesitzer aufgrund von finanziellen Schwierigkeiten und Erbstreitigkeiten als schwierig eingeschätzt. Auch die Beobachtung, dass große, auswärtige Konzerne, die Wohnungen in Vohwinkel besitzen, sich wenig um ihren Bestand kümmern, deckt sich mit der Einschätzung privater Hausbesitzer.

Vereinzelt wird von Experten die Bedeutung von **Eigentümerverbänden** als korporativer Akteur hervorgehoben. Durch den formalen Zusammenschluss der Einzelinteressen der Immobilieneigentümer kann dieser Akteur seinen Interessen Nachdruck verleihen. Tabelle 14 zeigt Merkmale und Einschätzungen der Eigentümerverbände.

Auch beim interviewten Vertreter eines Eigentümerverbandes wurde die Beobachtung gemacht, dass sich große ausländische oder auswärtige Immobilienkonzerne weniger für den Erhalt der Wohnungen interessieren. Bei privaten Hausbesitzern hat der Interviewpartner die Erfahrung gemacht, dass sie oft zu alt für Sanierungsmaßnahmen sind oder finanzielle Mittel fehlen. Bei den Bewohnern von Ein- und Zweifamilienhäusern befürchtet er, dass sich viele ihr Haus in Zukunft nicht mehr werden leisten können, was zu stärkeren Umwälzungen auf dem Wohnungsmarkt führt. Bei der Gruppe der Mieter hat der Gesprächspartner festgestellt, dass heute immer noch vielfach falsches Lüftung- und Heizverhalten vorherrscht, sodass Potenzial für Verhaltensänderung besteht. In Übereinstimmung mit vielen anderen Akteuren schätzt auch der Vertreter der privaten Hausbesitzer die Stadt als Akteur aufgrund der finanziellen Restriktionen momentan als eher schwach ein, um richtungsweisende Maßnahmen zu treffen.

**Tabelle 14: Akteursanalyse: Eigentümerverbände**

	Eigentümerverbände
Akteurstyp	Korporativer Akteur
Handlungsressourcen	Materielle Ressourcen und Fachwissen bilden den Grundstein der Handlungsressourcen.
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Energiesuffizienz ist bereits ein Thema bei der täglichen Arbeit: Beratung und Aufklärungsarbeit von Mitgliedern, z.B. zum richtigen Lüftungs- und Heizverhalten
Derzeitige Rolle	Bedeutung für den Bereich Bauen und Wohnen wird heute schon gesehen
Zukünftige Rolle	Ausweitung der Aktivitäten im Bereich Informationsveranstaltungen zum Energiesparen

Quelle: eigene Darstellung

Zur großen Gruppe der Immobilienmarktakteure zählen auch die **Mieterverbände**. Dieser kollektive Akteur besitzt ebenfalls keine Handlungsressourcen aufgrund institutioneller Regeln, sondern hat eher beratenden Einfluss aufgrund seines Fachwissens. Von den Vereinen, die Mieterinteressen in Vohwinkel vertreten, war kein Ansprechpartner für ein Interview bereit.

Die **zivilgesellschaftlichen** Organisationen sind eine weitere Akteursgruppe, die von mehreren Interviewpartnern als zentral für die Entwicklung Energiesuffizienz fördernder Strukturen genannt wird. Häufig wird auf die Bedeutung der **Kirchen** aufmerksam gemacht, die die Bewohner für energiesuffizientes Verhalten sensibilisieren und durch ihre Verbände wie z.B. Caritas oder Diakonie Hilfestellung und Beratung vor Ort leisten können. In Tabelle 15 werden Merkmale und Einschätzungen der interviewten kirchlichen Akteure aufgeführt.

**Tabelle 15: Akteursanalyse: Kirchen und Wohlfahrtsverbände**

	Kirchen und ihre Wohlfahrtsverbände
Akteurstyp	Korporativer Akteur
Handlungsressourcen	informelle Ressourcen: moralische Macht, mit der sie Wissen vermitteln und die ethische Dimension der Suffizienz (vgl. Kapitel 2.1.1) anderen Akteuren näher bringen
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Energiesuffizienz ist schon in der Wahrnehmung und Handlungsorientierung verankert, wenn auch nicht unter diesem Begriff, sondern unter dem Oberbegriff «Bewahrung der Schöpfung» Energiesuffizienz weist viele Berührungspunkte zur täglichen Arbeit auf: Aufklärungsarbeit und Multiplikator-Funktion
Derzeitige Rolle	zentrale Rolle im Handlungsfeld ist schon heute bewusst
Zukünftige Rolle	Weiterhin bedeutend

Quelle: eigene Darstellung

Zwei kirchliche Akteure (ein Wohlfahrtsverband und eine Kirchengemeinde) wurden interviewt. Drei Wünsche werden geäußert, damit das Engagement noch verstärkt wird. Dazu wird erstens ein Umdenken hin zu Suffizienz in der Gesellschaft gezählt, zweitens wird Kostenwahrheit beim Verbrauch von Energie gewünscht und drittens mehr Unterstützung von Seiten der Politik erhofft. Die Wahrnehmung der übrigen Akteure zeigt Gründe auf, warum Energiesuffizienz noch nicht stärker gefördert wird. So macht eine Interviewpartnerin deutlich:

«Ich kann mir überhaupt nicht vorstellen, dass in Wuppertal irgendetwas Konstruktives passiert ... Da müsste man ganz starke Bündnispartner finden. Aber wen will man, außer den Grünen, für so ein Thema begeistern?» (GP 10)

Während sie sich einerseits mehr Engagement von Seiten der Stadt wünschen, wird andererseits das Problem erkannt, dass die Stadt wenig finanziellen Spielraum hat. Die Gründe, warum private Immobilienbesitzer das Handlungsfeld nicht stärker vorantreiben, sind aus Sicht der interviewten kirchlichen Akteure vielfältig und personenabhängig. Da wird zum Beispiel die individuelle Gewinnmaximierung genannt, genauso wie geringes Interesse am Wohnumfeld, finanzielle Restriktionen und das hohe Alter einiger Immobilienbesitzer. Bei der Beurteilung der Wohnungsgesellschaften wird zwischen der Handlungsorientierung der lokalen und der Fondsgesellschaften unterschieden. Aus der heterogenen Gruppe der Bürger werden von den kirchlichen Akteuren



zwei besonders hervorgehoben. So wird einmal angemerkt, dass ALG-II-Empfänger wenig Motivation für Energieeinsparung haben, da ihre Heizkosten von der Stadt übernommen werden. Zum zweiten werden die Kinder und Jugendlichen als wichtige Zielgruppe für Suffizienzförderung durch Bildungsangebote hervorgehoben.

Zu den nichtstaatlichen Akteuren zählen auch die **ortsansässigen Vereine**. In Tabelle 16 werden Merkmale und Einstellungen der interviewten lokalen Vereine gezeigt.

**Tabelle 16: Akteursanalyse: ortsansässige Vereine**

	Ortsansässige Vereine
Akteurstyp	Kollektive Akteure
Handlungsressourcen	informelle, wenig institutionalisierte Handlungsressourcen wie Human- und Sozialkapital
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Energiesuffizienzförderung ist bislang noch kein Thema in der Vereinsarbeit
Derzeitige Rolle	eine zentrale Rolle ihrer Akteursgruppe wird momentan nicht gesehen
Zukünftige Rolle	lokale Vereine werden einen wichtigen Beitrag zur Energiesuffizienzförderung in Form von Sensibilisierungs- und Mobilisierungskampagnen sowie Vertretung bürgerlicher Wünsche gegenüber der Politik leisten.

Quelle: eigene Darstellung

Zwei Vertreter ortsansässiger Vereine wurden interviewt. Wünsche für die Zukunft, damit sie ihr Engagement erhöhen können, wurden nicht geäußert.

Eine weitere Akteursgruppe ist die ortsansässige **Wirtschaft**, der eine zentrale Stellung für die Förderung der Energiesuffizienz zugeschrieben wird. Aus dem Bereich **Bauen und Wohnen** werden besonders die Architekten hervorgehoben. Die Mitglieder sind aufgrund der Eigenständigkeit ihrer Betriebe durch individuelle Akteurseigenschaften bestimmt. Sie entscheiden selbst über Handlungsressourcen. Als Akteure im Handlungsfeld Energiesuffizienz werden die einzelnen Unternehmen aber ähnliche Ziele verfolgen und Handlungsorientierungen aufweisen, sodass sie als kollektiver Akteur definiert werden. Tabelle 17 zeigt Eigenschaften und Einstellungen der Akteursgruppe.

**Tabelle 17: Akteursanalyse: Architekten**

	Architekten
Akteurstyp	Kollektive Akteure
Handlungsressourcen	Fachwissen im Bereich Raumwärme und Gestaltungschancen im Wohnbereich (Aufteilung der Häuser, Heizsystem)
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Beratung und Durchführung von Sanierungs- und Baumaßnahmen (Umbau und Neubau); Informationen zum richtigen Lüftungsverhalten zur Senkung der Raumwärmenachfrage
Derzeitige Rolle	Durch die Beratungsleistung über verschiedene Alternativen in der Entwicklung des Baubestandes wird die zentrale Rolle schon heute wahrgenommen
Zukünftige Rolle	Weiterführung der derzeitigen Bedeutung

Quelle: eigene Darstellung

Es wurde ein Architekt aus Vohwinkel interviewt, der von mehreren lokalen Gesprächspartnern als wichtiger Ansprechpartner genannt worden war.

Als weitere zentrale Akteure im Bereich der Wirtschaft werden der **Einzelhandel und die lokalen Gewerbevereine** betont, die durch Standortentscheidungen und Veranstaltungsaktionen die Qualität des Wohnumfeldes und das Verkehrsverhalten mit beeinflussen. Während jeder Einzelhändler für sich starke individuelle Bezüge behält, ist der Einzelhandel allgemein - und erst recht, wenn es zum Zusammenschluss der ortsansässigen Unternehmer in Gewerbeverbänden oder ähnlichen Vereinen kommt - als kollektiver Akteure zu bezeichnen. In Tabelle 18 werden Merkmale und Sichtweisen dieser Akteursgruppe in Vohwinkel dargestellt.

Die Position und Sichtweise wurde durch ein Interview mit zwei Vertretern eines lokalen Vereins, in dem sich ortsansässige Unternehmen als Werbegemeinschaft zusammengeschlossen haben, erhoben. Als Wunsch, damit sie sich stärker im Handlungsfeld engagieren, wird die Unterstützung von Beratungsangeboten genannt. Es wird betont, dass das bürgerliche Engagement für die Entwicklung Vohwinkels besonderes Potenzial bietet. Die Kommune als Immobilienbesitzerin und Nachfragerin nach Verkehrsdienstleistungen im Berufsverkehr solle ihre Vorbildfunktion für energiesuffizientes Verhalten stärker ausbauen und sichtbar machen.

**Tabelle 18: Akteursanalyse: Einzelhandel und lokale Gewerbevereine**

	Einzelhandel und lokale Gewerbevereine
Akteurstyp	Kollektive Akteure
Handlungsressourcen	finanzielle Mittel Unternehmen als Arbeitsplatzanbieter und Steuerabgaben bzw. die Handlungsoption, das Geschäft in eine andere Stadt zu verlagern.
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	Förderung und Erhalt des Einzelhandels vor Ort
Derzeitige Rolle	zentrale Rolle im Handlungsfeld wird derzeit nicht gesehen
Zukünftige Rolle	wichtige Beiträge in Form von Informationsveranstaltungen für Mitglieder und die Wahrung des Einzelhandels vor Ort

Quelle: eigene Darstellung

Einige interviewte Experten sehen in den **Verkehrsbetrieben** als Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen einen wichtigen Akteur bei der Schaffung Energiesuffizienz ermöglichender Strukturen. Auch wenn sie formal gesehen zu den Wirtschaftsunternehmen zählen, werden sie als eigenständiger Akteur im Verkehrsbereich hervorgehoben. Dabei handelt es sich um korporative Akteure. Tabelle 19 zeigt Merkmale und Einstellungen dieses Akteurs.

**Tabelle 19: Akteursanalyse: Verkehrsbetriebe**

	Verkehrsbetriebe
Akteurstyp	Korporative Akteure
Handlungsressourcen	Mittel zur Durchführung von Transportleistungen (z.B. ÖPNV); die Entscheidungsmacht über zukünftige Streckenführung und Angebotsumfang sowie Fahrpreise
Handlungsorientierung (Interessen/Positionen)	wenn neue Planungen von Seiten der Kommune diskutiert werden, werden auch Interessen der Verkehrsbetriebe angesprochen, z.B. Bauleitplanung und ÖPNV-Plan der Stadt; Erhalt der Erreichbarkeit von Orten, ökonomische Interessen
Derzeitige Rolle	Derzeitige Handlungsmacht wird als relativ gering eingeschätzt; Einflussmöglichkeiten auf die Wegelänge und das Verkehrsgeschehen durch Strecken- und Haltestellenplanung bestehen
Zukünftige Rolle	auch in Zukunft wird ein Beitrag zur Energiesuffizienzförderung geleistet, indem das bisherige Engagement fortgesetzt wird

Quelle: eigene Darstellung

Ein Verkehrsplaner der Wuppertaler Stadtwerke (WSW) wurde als Vertreter der Verkehrsbetriebe interviewt. Als Wünsche für ein stärkeres Engagement nennt er eine breitere gesellschaftliche Unterstützung des Themas, die auch die Politik einschließt. Energiesuffizienzförderung in der Stadtplanung könne nur gelingen, wenn von gesellschaftlicher und politischer Seite die Ziele und der heute schon bestehende Handlungsspielraum stärker wahrgenommen werden. Bei der Wahrnehmung der anderen Akteure macht der Interviewpartner deutlich, dass die Bürger eine Verhaltensänderung immer am eigenen Leib messen würden und die Frage entscheidend wäre, was für ein persönlicher Vorteil durch die Verhaltensänderung entstehe. Gerade bei der älteren Generation sieht der Interviewpartner die Notwendigkeit des Umdenkens in Bezug auf Wohnflächenansprüche, wenn sich die Haushaltszusammensetzung ändere.

Einzelne Experten nennen **bekannte Persönlichkeiten auf lokaler Ebene** als wichtige Akteure, die als Vorbilder die Bevölkerung für das Thema der Energiesuffizienz sensibilisieren können. Hierbei handelt es sich um individuelle Akteure, die aufgrund ihrer jeweiligen persönlichen Eigenschaften und ihres Ansehens Handlungen im Feld Energiesuffizienz beeinflussen. Viele der Interviewpartner sind in Vohwinkel durch ihr ehrenamtliches Engagement oder politische Aufgaben bekannt. Dadurch, dass sie ohnehin meist schon mehrere Funktionen neben der Rolle als Bürger bekleiden, wurde in der Befragung von einer weiteren Zuordnung als bekannte Persönlichkeit abgesehen.

## 6.2 Analyse des Handlungsfeldes und Problemstrukturierung

In diesem Unterkapitel wird vertiefendes Systemwissen zum Energienachfrageverhalten in den Bereichen Raumwärme und motorisierter Personenverkehr in Vohwinkel generiert, indem die allgemeine Situation der Energiesuffizienzausrichtung analysiert wird. Dazu werden zum einen formale, normative und kognitive Regeln der Akteurslandschaft auf Basis der Analyse der Akteursinterviews und des Akteursworkshops

identifiziert, die die Interaktionsform der Akteure beeinflussen. Zum anderen stehen externe und interne Parameter im Fokus, die energiesuffizientes Verhalten bestimmen. Hierzu zählen allgemeine Hemmnisse ebenso wie Chancen, die auf den Prozess der Suffizienzförderung einwirken. Diese hat zum Ziel, Faktoren auf der Landschafts- und Regimeebene zu erheben, die Energiesuffizienzförderung erleichtern oder erschweren könnten. Außerdem sollen erste Anhaltspunkte herausgearbeitet werden, die aufzeigen, welcher Typ eines *transition pathways* (vgl. Kapitel 3.1) im untersuchten Fall für die Zukunft denkbar scheint.

### 6.2.1 Die Akteurslandschaft und ihre Interaktionsform

Wie die Einzelanalyse der zentralen Handlungsakteure bereits gezeigt hat, handelt es sich in Vohwinkel um eine sehr heterogene Akteurslandschaft. Nicht alle Akteure sind sich ihrer Bedeutung und Handlungschancen zum Thema Energiesuffizienzförderung bewusst, doch niemand lehnt diese Rolle für die Zukunft ab. Bislang gibt es weder für den Bereich der Raumwärme privater Haushalte noch des motorisierten Personenverkehrs Akteursgruppen übergreifende Anstrengungen zur Ausarbeitung einer vernetzten Energiesuffizienz-Strategie oder einzelner Fördermaßnahmen für Suffizienz. Somit ergeben sich wenige Anhaltspunkte zur Analyse der Interaktionsformen der Akteure genau wie zum institutionellen Kontext des Handlungsfeldes. Um die Akteure erstmals zusammenzubringen wurde ein Akteursworkshop veranstaltet, zu dem alle zuvor interviewten Akteure eingeladen waren. Dadurch wurde zum ersten Mal gemeinsam über Energiesuffizienz, die Handlungsmöglichkeiten sowie Probleme diskutiert und es bestand die Möglichkeit der Vernetzung. Absprachen und Einladungen zum gegenseitigen näheren Kennenlernen wurden gleich im Anschluss an den Workshop ausgesprochen. Besonders Verwaltung, Politik und Vertreter des Einzelhandels waren an einer Vernetzung zum Workshop-Thema interessiert.

Laut SCHARPF (2001: 167 f.) haben verschiedene Interaktionsformen unterschiedliche Problemlösungsfähigkeiten und sind durch unterschiedliche institutionelle Rahmenbedingungen geprägt. Kurz gesagt nimmt die Leistungsfähigkeit der Problemlösung mit steigenden Anforderungen an den institutionellen Kontext zu. Bislang deutet keine Aussage der Akteure darauf hin, dass Energiesuffizienzförderung bereits ein explizites Handlungsfeld ist, das durch formelle Institutionen bzw. Regelsysteme definiert wird. Bislang werden Suffizienzbelange bei formellen Entscheidungen im Wuppertaler Stadtrat nicht berücksichtigt. Sowohl einzelne Interviews mit Akteuren, für die bereits heute Suffizienzförderung ein Thema bei der Arbeit und im Alltag ist, als auch die Diskussion beim Akteursworkshop zeigen, dass derzeit informelle Institutionen wie normative und kognitive Regeln das Akteurshandeln beeinflussen. Als Beispiel sind Aussagen zu nennen, die Suffizienz und deren Förderung aus ethischer Sicht beleuchten. So macht ein Akteur beim Workshop deutlich:

«Die Geiz-ist-geil-Mentalität hat sich durchgesetzt. Wir müssen gucken, dass die Gegenbewegung «Einkaufen bei uns zu Hause» wieder an Bedeutung gewinnen muss. Das ist auch ein Wert oder eine Wertefrage. Wir müssen darüber reden. Wir müssen es selber so machen. Wir müssen jede Gelegenheit beim Schopfe ergreifen, wo das Thema mal angerissen wird, auch uns einzumischen und zu sagen: Ja, das ist wichtig für uns und für unseren Stadtteil.» (Diskussionsteilnehmer im Akteursworkshop)

Dass auch das kognitive Regelsystem bei der Interaktion der Stakeholder und Förderung von Energiesuffizienz im Untersuchungsraum von Bedeutung ist, unterstreicht das folgende Zitat aus der Workshop-Diskussion:

«Egal was man macht, es ist ganz wichtig, dass man die Anwohner erreicht und zum Mitmachen motiviert.» (Diskussionsteilnehmer im Akteursworkshop)

So sind sich viele Akteure beim Workshop einig, dass eine Bewusstseinsänderung hin zur Energiesuffizienz durch die Handlung von Vorreitern erreicht werden kann.

Beide Zitate deuten bereits auf die vorherrschende Interaktionsform der Akteure im Handlungsfeld Energiesuffizienz hin. Ohne formelle Institutionen, wie beispielsweise ein verbindlich gesetztes Ziel zur Energiesuffizienzförderung auf politischer Ebene, stehen bislang bei den Akteuren das einseitige Handeln und die wechselseitige Anpassung als Institutionsform im Vordergrund. Für die nächsthöhere Interaktionsform, Verhandlungen, müssten allgemein verbindliche Vereinbarungen geltend gemacht werden, für die es in der Akteurslandschaft noch keine Anhaltspunkte in den Interviews und beim Workshop gibt. Die Einseitigkeit der Interaktion macht das folgende Zitat deutlich:

«Aber wie überrede ich bestimmte Eigentümer, dass sie ihr Grundstück abräumen...?» (Diskussionsteilnehmer im Akteursworkshop)

Derzeitiges Handeln bzw. Nicht-Handeln beruht in einigen Fällen auch auf Erwartungen, die an die anderen Akteure gestellt werden. Zusammenfassen lässt sich das mit der Frage: «Warum machen die anderen nicht mehr?» So wird gerade in Einzelinterviews mit den Akteuren einerseits betont, dass die kommunale Seite vermehrt als Vorbild auftreten oder klarere Ziele für die Suffizienzförderung setzen sollte, damit die Gesellschaft sich daran orientieren kann (vgl. bspw. GP 5,6,10). Andererseits fordern gerade auch Interviewpartner aus dem kommunalen Bereich, dass die gesellschaftliche Bereitschaft zum Weniger-Verbrauch stärker ausgeprägt sein muss, damit Kommunen aktiver Suffizienz fördern können (vgl. bspw. GP 2,8,9). Diese abwartende Haltung ist ein Zeichen für die Institutionsform der wechselseitigen Anpassung und ist durch das Fehlen formeller Institutionen geprägt.

Insgesamt bleibt bei der Analyse der institutionellen Regeln und Interaktionsformen des Handlungsfeldes festzuhalten, dass es momentan wenig verbindliche Zusagen für Energiesuffizienzförderung gibt. Außerdem ist zu betonen, dass die Akteure erst noch eine gemeinsame Problemlösungskapazität durch eine stärkere Institutionalisierung besonders im formellen Bereich entwickeln müssen.

### 6.2.2 Hemmnisse für energiesuffizientes Verhalten

*(Schritte 1 und 2 des transition scenarios: Identifizierung der derzeitigen Barrieren für den angestrebten Strukturwandel sowie langfristige Herausforderung für Transition)*

Zur Analyse der Hemmnisse für suffizientes Verhalten und dessen Ermöglichung im Bereich Raumwärme und Personenverkehr dienen als Datengrundlage wiederum die Expertengespräche (Landschafts- und Regimeebene) sowie die Akteursgespräche (Landschafts- und Regimeebene sowie die ortsspezifische Situation). Die Hemmnisse wirken tendenziell darauf hin, dass das bestehende System ohne Energiesuffizienzorientierung gefestigt bleibt.

Die meisten Hemmnisse lassen sich der Landschaftsebene zuordnen. Sie stellen Rahmenbedingungen dar, die Akteure des Anwendungsfeldes kaum direkt beeinflussen können und die sich nur über lange Zeiträume wandeln. Sowohl bei den Experten als auch bei den Akteuren aus Vohwinkel sehen die meisten Befragten die relativ geringen **Energiepreise** und die damit verbundene fehlende Kostenwahrheit als Hemmnis für suffizientes Verhalten (vgl. bspw. IP 1,7,13,14; GP 2,4,8,9,13,14). Würden die negativen externen Effekte wie CO<sub>2</sub>-Emissionen, in die Preise integriert, ist nach Meinung der Befragten wahrscheinlich, dass die Nachfrage nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen abnähme.

Eine weitere Suffizienzbremse stellt nach Ansicht der Befragten die **sozio-kulturelle Orientierung** weiter Teile der Gesellschaft dar. Dabei werden verschiedene Effekte hervorgehoben. Dazu zählen die Individualisierung der Lebensstile, steigende Komfortansprüche, Bequemlichkeit und die immer noch in weiten Teilen der Gesellschaft verbreitete Orientierung zum Materialismus (vgl. bspw. IP 2,3,6,9,11,12,15). Ein Interviewpartner macht die kulturelle Wahrnehmung des derzeitigen Systems als Hemmnis aus:

«Suffizienz widerspricht ein Stück weit dem, was wir Modernisierung nennen. (...) Das ist für mich der Haupthinderungsgrund, warum Suffizienz sich nicht durchsetzen wird.» (IP 15)

Für ihn ist ein freiwilliges Maßhalten aus Sicht der heutigen Gesellschaft nicht mit einer als modern geltenden Lebensweise vereinbar.

Von einzelnen Interviewpartnern werden die derzeit vorherrschenden **wirtschaftlichen Strukturen** mit ihrer Ausrichtung auf stetiges Wachstum als Problem für eine stärkere Suffizienzorientierung gesehen (vgl. IP 12,15). So ist nach Meinung eines In-

interviewpartners das System gerade im privatwirtschaftlichen Bereich auf die Devise «immer mehr haben wollen müssen» (IP 12) ausgerichtet, da ansonsten der Konkurs unausweichlich ist.

Als ein weiteres Suffizienzhemmnis auf Landschaftsebene zählt ein Interviewpartner die heute noch zu geringe Wahrnehmung des Problems **Klimawandel** und Klimafolgenbewältigung (vgl. IP 10). Sowohl breite Teile der Bevölkerung also auch handlungsrelevante Akteure auf kommunaler Ebene schließen von vereinzelt Extremwetterereignissen noch nicht genügend auf eine Verhaltensänderung hin zur Energiesuffizienz (vgl. ebd.).

Ein Thema, das sowohl von den hier adressierten kommunalen Akteuren als auch von Landes- oder Bundesebene beeinflusst werden kann, sind **Fehlentwicklungen im Bereich Städtebau** und politischen Maßnahmen, die einem an Energiesuffizienz orientierten Verhalten entgegenwirken (vgl. IP 1,2,7,9,10). Einige Interviewpartner nennen als Beispiel die Ausweisung von Neubaugebieten am Stadtrand oder die weiterhin gewährte Pendlerpauschale. Ein weiteres Beispiel ist die Aufhebung der Schulbezirksgrenzen, was zu einer Verlängerung der Wege führt (vgl. GP 3). Einerseits lassen sich diese Maßnahmen aus theoretischer Sicht in kurzer Zeit ändern, andererseits fallen sie nur zum Teil in den Handlungsbereich lokaler Akteure. Zwischen Landschaft und Regime tragen rechtliche Grundlagen und technische Elemente (gebaute Infrastrukturen) zur Stabilisierung des derzeitigen Systems bei.

Eine weitere Gruppe von Hemmnissen zur Umsetzung von energiesuffizientem Verhalten bezieht sich auf die Rahmenbedingungen vor Ort im Untersuchungsgebiet Vohwinkel. Sie unterscheiden sich von den externen Hemmnissen dadurch, dass sie von den lokalen Akteuren zu einem gewissen Grad beeinflusst werden können. Viele dieser Probleme entstehen aufgrund der abnehmenden Einwohnerzahl. Diese Entwicklung lässt sich von den meisten Akteursgruppen nur unwesentlich beeinflussen (ausgenommen von der Bevölkerung selbst mit ihrem Umzugsverhalten). Dennoch definieren der lokale Umgang und das Management der Schrumpfungsprozesse die Rahmenbedingungen für energiesuffizientes Verhalten. Als Hemmnis im Verkehrsbereich wird von vielen lokalen Akteuren die **Schließung der Infrastruktur** genannt, was dazu führt, dass die Wegelängen zunehmen (vgl. bspw. GP 2,3,8,9). Als Beispiel wird mehrfach die Schließung von Schulen und Kindergärten angeführt (vgl. bspw. GP 7,10,13). Eine diffuse Schrumpfung und die Abnahme der Dichtewerte werden als allgemeine Probleme empfunden (vgl. GP 2). Darüber hinaus beobachten die Gesprächspartner eine Ausdünnung des Einzelhandels, was nicht nur die Wegelängen erhöht, sondern zu der allgemein wirtschaftlich schlechten Entwicklung (vgl. bspw. GP 5,9,14) und dem Verlust an Arbeitsplätzen (vgl. GP 5,13,15) beiträgt. Dies wiederum bewirkt nach Ansicht der Akteure, dass keine Investitionen mehr in den Standort getätigt werden, was den Spielraum für Energiesuffizienz fördernde Maßnahmen einschränkt (vgl. GP 13,15). Durch Leerstand und Werteverlust der Wohn- und Geschäftshäuser werden Umbaumaßnahmen nicht durchgeführt, um die Wohnungen an Energiesuffizienz orien-

tierte Wohnwünsche (z.B. kleinere Wohnungsgrößen durch Teilung von Einfamilienhäusern) anzupassen (vgl. GP 6,11,13).

Zwei weitere Rahmenbedingungen, die Energiesuffizienz und deren Förderung in Vohwinkel erschweren, aber nicht direkt von der Bevölkerungsentwicklung beeinflusst werden bzw. wurden, werden von einzelnen Akteuren aufgeführt. Zum einen wird bemängelt, dass die gebaute Infrastruktur (Straßen, Parkplätze etc.) zu autoorientiert geplant und angelegt worden ist (vgl. GP 10,12). Dadurch wird die Wahl nicht-motorisierter Verkehrsmittel unattraktiver. Dieser Faktor zählt zu den Regimeelementen, die das derzeitige Verkehrssystem in Wuppertal und Vohwinkel festigen und einen Wandel erschweren. Zum anderen befürchtet ein Gesprächspartner, dass die (ältere) Bevölkerung aufgrund der topographischen Eigenschaften (hügeliges Gelände) davon abgehalten wird, nicht-motorisierte Verkehrsmittel zu nutzen (GP 15). Dass lediglich einer von 15 Interviewpartnern dieses Hemmnis anspricht, deutet aber auch darauf hin, dass der Großteil der Akteure in dieser Eigenschaft Vohwinkels keinen gravierenden Nachteil für energiesuffizientes Verhalten sieht.

### 6.2.3 Chancen und fördernde Rahmenbedingungen für energiesuffizientes Verhalten

(Schritt 5 des *transition scenarios*: Identifizierung von Treibern für die Strukturveränderung in unterschiedlichen Kategorien)

Bei der Analyse der Chancen und fördernden Rahmenbedingungen für energiesuffizientes Verhalten wird wieder auf die Aussagen der Experten und Vohwinkeler Akteure zurückgegriffen. Hierbei handelt es sich um Faktoren, die sowohl allgemeine Strömungen (Landschaftsebene) umfassen als auch durch lokale Gegebenheiten und Eigenschaften Energiesuffizienz ermöglichen. Besonders die Rahmenbedingungen der sozio-technischen Landschaft liefern Hinweise, welche Faktoren auf den Transition-Prozess Einfluss haben können, und welche Formen der Veränderungsprozess annimmt, um externen Druck auf das vorherrschende Regime auszuüben. In Kapitel 3.1 wurden verschiedene Arten der Veränderung vorgestellt. Die Art der Veränderung aus der Landschaftsebene ist eine von zwei Eigenschaften, die die Typologie des *transition pathway* bestimmen (siehe These 3).

Als Chance für eine Energiesuffizienzorientierung, die außerhalb des Einflussbereichs der städtischen Akteure liegt und größtenteils vom Weltmarkt beeinflusst wird, ist der **Anstieg der Energiepreise** der vergangenen Jahre von der Mehrheit der Interviewpartner genannt worden (vgl. bspw. IP 1,3,5,7,8,9,13,14,15). Nach ihrer Ansicht fördert eine Verteuerung der Energie einen bewussteren Umgang mit dieser. Eine weitere fördernde Rahmenbedingung der Energiesuffizienz wird von vielen Experten und Akteuren in den **Wirtschaftskrisen** und dem damit verbundenen sinkenden Wohlstand einiger Bevölkerungsschichten gesehen (vgl. bspw. IP 4,6,11,12; GP 1,11). Die beiden Faktoren Energiepreise und Wirtschaftskrise deuten auf einen Wandel zu einer nicht freiwillig bestimmten Suffizienzorientierung hin und verlangen finanziell weniger gut



gestellten Bevölkerungsgruppen mehr ab als wohlhabenden. Beide wurden auch bei den derzeit hemmenden Rahmenbedingungen genannt. Zumindest die Einschätzung der Energiepreisentwicklung wird bei weiterem Anstieg ein zentraler Faktor des Wandels zu mehr Energiesuffizienz sein. Allerdings sind die Verbraucherpreise beispielsweise für Superbenzin, Dieselmotorkraftstoff und leichtes Heizöl seit 2013 stark gefallen (vgl. Statistisches Bundesamt 2016: 13). Die Wirkung wirtschaftlicher Krisen ist differenziert einzuschätzen. Auf der einen Seite schränkt sie den finanziellen Spielraum der Städte und anderer Investoren aufgrund knapper Kassen ein, auf der anderen Seite erzwingt der wirtschaftliche Abschwung bei Teilen der Bevölkerung die Nachfragereduzierung energieintensiver Produkte und Dienstleistungen, um Kosten zu sparen. Die nächsten Rahmenbedingungen, die allerdings in den Interviews weniger oft angeführt wurden, betreffen den Wertewandel. Mehrmals wird in den beiden Interviewgruppen der **gesamtgesellschaftliche Lernprozess** angesprochen, dass weniger (Energienachfrage) ein mehr (an Lebensqualität) bedeutet (vgl. IP 2,10; GP 3,5,7,10,13,15). Dieses Umdenken erkennen einige Gesprächspartner bereits in vereinzelt Gruppen und sind davon überzeugt, dass der Prozess in Zukunft verstärkt wird. Auf dem Weg hin zu einer postmateriellen Gesellschaft, in dem energiesuffizientes Verhalten eine wichtige Rolle spielt, sehen einzelne Interviewpartner den verstärkt beobachtbaren Widerstand gegen das derzeitige Regime (bspw. Tauschringe, Protest gegen Großprojekte) (vgl. IP 6,12). Bezogen auf die beiden untersuchten Sektoren Personenverkehr und Raumwärme sehen einige Gesprächspartner konkrete Ansätze des kulturellen Wandels in der Gesellschaft. Als Beispiel nennt ein Interviewpartner einen beginnenden Wandel in der Mobilitätskultur (vgl. GP 3). So ist er davon überzeugt, dass derzeit ein Generationswechsel beim Statussymbol «Auto» stattfindet, in der Form, dass das Auto an Attraktivität für viele (junge) Leute verliert. Im Bereich Raumwärme wird von mehreren Gesprächspartnern ebenfalls ein einsetzender Wandel der Wertvorstellungen und Ansprüche genannt. So tragen die Änderung der Wohnvorstellungen (vgl. GP 5,7) und der Bedeutungsgewinn der Gemeinschaft (vgl. IP 2) dazu bei, dass selbstgewähltes gemeinschaftliches Wohnen für immer mehr Menschen interessant wird. Die genannten Beispiele des kulturellen Wandels stehen erst am Anfang. Für die Energiesuffizienz und ihre Förderungsmöglichkeiten wird entscheidend sein, wie sie sich in Zukunft entwickeln werden. Dennoch zeigen sie, dass es bereits heute mögliche Ansatzpunkte gibt, die ein aktives Management des Wandels unterstützen.

Die nächsten beiden Chancen für Energiesuffizienz, die wieder der Landschaftsebene zugeordnet werden, wurden von einigen Interviewpartnern auch als derzeitiges Hemmnis für Suffizienzorientierung aufgeführt. Dabei handelt es sich um die verstärkten Informationen zum **Klimawandel** sowie die Berichterstattung und eigene Wahrnehmung von Extremwetterereignissen (z. B. Starkregen und Überflutungen). Während zuvor ein Teil der Gesprächspartner bemängelt hat, dass die Bevölkerung und Stakeholder noch nicht mit Verhaltensänderung reagieren, sind andere Interviewpartner davon überzeugt, dass diese Informationen heute und verstärkt in Zukunft zu einer Hin-

wendung zur Energiesuffizienz beitragen können (vgl. IP 6,15; GP 8,13). Der weitere Faktor, der in einzelnen Gesprächen als fördernd für Energiesuffizienz hervorgehoben wurden, ist der **demographische Wandel** und hier besonders der Aspekt der Alterung der Bevölkerung (vgl. IP 1, GP 14). In diesem Fall bewerten die Gesprächspartner den Faktor als förderlich, da sie der Meinung sind, dass ältere Menschen weniger autoorientiert sind und an energiesuffizienten Strukturen (kurze Wege, gemeinschaftliches Wohnen) besonders interessiert sind. Bei beiden Rahmenbedingungen sind sich die Interviewpartner einig, dass sie in Zukunft verstärkt auf das heutige System einwirken.

Die Vohwinkeler Gesprächspartner haben neben den externen, Energiesuffizienz förderlichen Rahmenbedingungen auch Eigenschaften des Untersuchungsraums genannt, die aus ihrer Sicht Chancen für energiesuffizientes Verhalten bieten. Dabei führen viele Interviewpartner Positivbeispiele für bereits durchgeführte **Stadtumbauprojekte** auf, die durch ihre Infrastruktur Energiesuffizienz fördern (bspw. das Projekt Stationsgarten in Vohwinkel für barrierefreies, (stadtteil-)zentrumnahes Wohnen (vgl. bspw. GP 2,10,12). Eine weitere lokale Besonderheit, die grundsätzlich als Vorteil für eine Wende hin zu Energiesuffizienz gesehen wird, ist das hohe **bürgerschaftliche Engagement** in Vohwinkel, mit dem Maßnahmen zur Energiesuffizienz umgesetzt werden können (vgl. GP 7). Weitere Chancen in Vohwinkel beziehen sich laut Gesprächspartnern zum einen auf infrastrukturelle Entwicklungen im Bereich des Fahrradverkehrs, zum anderen auf nähräumliche Freizeitangebote. In einzelnen Gesprächen wurde der Umbau der stillgelegten Nordbahntrasse zum Fahrradweg als Förderung des nicht-motorisierten Verkehrs positiv hervorgehoben (vgl. GP 1). Darüber hinaus wurden Beispiele genannt, wo neu angelegte **Fahrradwege** die Ausgangsbedingungen für die Wahl des Fahrrads als Verkehrsmittel positiv beeinflusst haben (vgl. GP 10). Im Bereich der **nähräumlichen Freizeitangebote** betonen einzelne Interviewpartner die gute Ausstattung in Vohwinkel, wobei besonders die vielen Grünflächen des Stadtbezirks als Naherholungsgebiete gewertet werden, die helfen, lange Freizeitwege einzusparen (vgl. GP 9,13).

Die verschiedenen Chancen und Vorteile, die Vohwinkel zum Teil heute schon mitbringt und zum Teil auf langzeitlichen externen Entwicklungen beruhen, zeigen, dass vielfältige Strömungen aktiv sind, die Ansatzpunkte für einen grundlegenden Wandel hin zu energiesuffizientem Verhalten im Bereich Raumwärme und Personenverkehr mitbringen. Einige davon wurden als Rahmenbedingungen der Landschaftsebene identifiziert, die dazu in der Lage sind, Druck auf das bestehende städtische Regime auszuüben. Andere wiederum ergeben sich aus den spezifischen Gegebenheiten vor Ort und wandeln eher von innen das Regime (bspw. Schließungen der Infrastruktur, Werteverfall der Häuser).

#### 6.2.4 Räumliche Analyse der Ausgangssituation in Vohwinkel

In den Akteursgesprächen und im Workshop wurde auf kleinteiliger Ebene über Vor- und Nachteile einzelner Gebiete in Vohwinkel diskutiert. Dabei wurden Notwendigkeiten und Potenziale für Veränderung aufgezeigt. Die subjektive Sicht der befragten Akteure, die nicht verallgemeinerbar ist, wird durch eine kartographische Analyse verschiedener Wegeziele im Alltagsverkehr ergänzt, um robusteres Wissen über die Ausgangssituation zu schaffen.

Ziele von vier Wegezwecken standen im Vordergrund der Analyse:

- Einkaufen (Güter des täglichen Bedarfs)
- Schule und Ausbildung (einschließlich Kita und Kindergarten)
- Freizeit
- Persönliche Erledigungen: a) Gesundheit b) Post und Bankgeschäfte

Die vier Wegezwecke wurden ausgewählt, da sie zum einen bei vergleichsweise geringen Durchschnittsdistanzen häufig im Stadtbezirk unternommen werden (vgl. Anhang, Anlage 6). Zum anderen weil mögliche Zielorte im Stadtgebiet durch eine Desktop- und Vor-Ort Kartierung mit wenig Aufwand zu erheben sind. Neben den Zielen wurde auch die Verkehrsinfrastruktur kartographiert. Hierbei stehen Haltestellen für (O-)Busse, Züge, S-Bahn, Taxibusse und *car sharing* im Zentrum. Zudem wurden die ausgewiesenen Radwege kartiert.

Insgesamt ist die Situation im Bereich Einkaufen (Güter des täglichen Bedarfs) in Vohwinkel zu Beginn der 2010er-Jahre als gut zu bezeichnen. Neben Supermärkten gibt es einzelne kleinere Lebensmittelläden, die zum Teil spezialisiert sind, z.B. Mittelmeerspezialitäten, Obst und Gemüse. Periphere Wohngebiete im Norden von Schöller-Dornap, Lüntenbeck und das Wohngebiet im Südwesten des Westrings sind weiter als 600 m (als Maß für die fußläufige Erreichbarkeit bei hügeliger Gegend) von einem Supermarkt entfernt. Diese Gebiete sind auch nicht mit anderen Lebensmittelläden ausgestattet, sodass die Funktion Einkaufen hier nicht vertreten ist (vgl. Abbildung 24).

Die Ziele für den Bereich Schule und Ausbildung (einschließlich Kita und Kindergarten) konzentrieren sich auf die zentrumsnahen Quartiere Mitte, Tesche und nordöstlicher Westring. Kitas und/oder Kindergärten sind auch mit Ausnahme vom südwestlichen Westring in peripheren Gebieten angesiedelt. Es fällt auf, dass das Quartier Höhe und der südwestliche Westring keine Grundschule im Radius von 600 m haben. Auch in den Wohngebieten in Lüntenbeck und im nördlichen Osterholz liegt keine Grundschule in fußläufiger Erreichbarkeit (vgl. Abbildung 25).

Nahräumliche Ziele für die Freizeitgestaltung befinden sich gut über das ganze Gebiet in Vohwinkel verteilt. Mehrere Sportplätze sind kurz hinter der Vohwinkeler Grenze angesiedelt und wurden daher in die Karte mit aufgenommen. Spiel- und Bolzplätze, Begegnungstreffs, Tennisplätze und zahlreiche zentrumsnahe Parks- und Grünanlagen bestimmen das Angebot an nahräumlichen Freizeitzielen (vgl. Abbildung 26).

Im Bereich persönliche Erledigung wurden zwei Arten aufgenommen. Zum einen ist dies der Bereich Gesundheit. Die Ausstattung mit Ärzten verschiedener Fachrichtungen und Apotheken konzentriert sich größtenteils auf das Quartier Vohwinkel-Mitte. Allgemeinmediziner und Psychologen sind auch in peripheren Gebieten in Schöller-Dornap, Westring und Höhe zu finden (vgl. Abbildung 27). Allerdings zeigt die Kartierung auch hier nur eine Momentaufnahme.

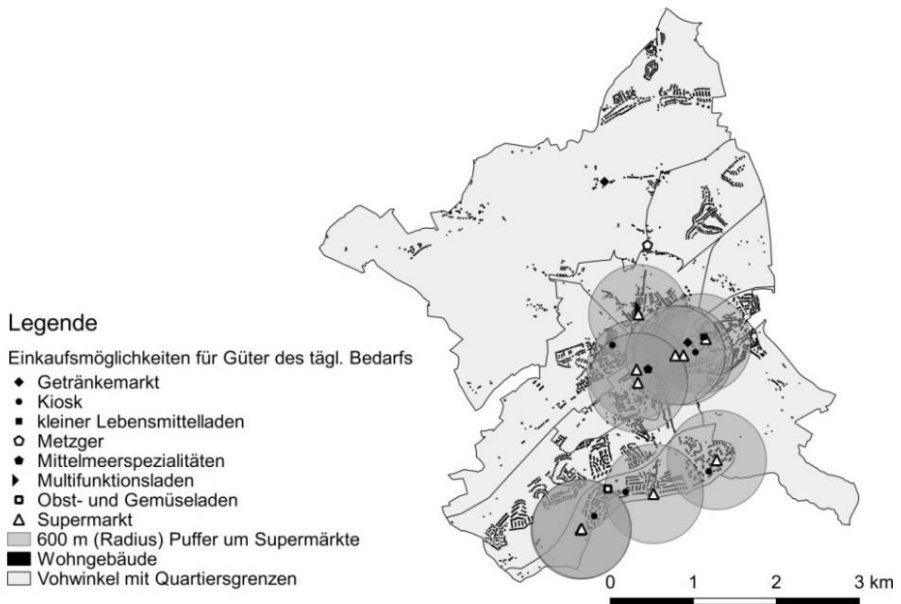
Zum anderen wurden die Brief- und Paketdienstleister, Banken und Geldautomaten kartiert. Hier zeigt sich ein ähnliches Bild. Die reinen Wohngebiete in peripherer Lage (südlicher Westring, nördliches Schöller-Dornap, und Lüntenbeck weisen hier Versorgungslücken auf (vgl. Abbildung 28).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in Bezug auf die Funktionsmischung, die mit kürzeren Wegen und vermehrtem nicht-motorisiertem Verkehr verbunden wird, die zentrumsnahen Gebiete vielfältiger ausgestattet sind. Periphere, reine Wohngebiete, bei denen es sich hauptsächlich um Ein- und Zweifamilienhausgebiete handelt, sind im südwestlichen Westring, Lüntenbeck und nördlichen Schöller-Dornap zu finden. Auch das Mehrfamilienhausgebiet Engelshöhe weist strukturelle Mängel auf. Um das Ziel funktional gemischter Gebiete mit guter Anbindung für den nicht-motorisierten Verkehr an das Vohwinkeler Zentrum zu fördern, würde sich eine Umstrukturierung und Rückbau in diesen Gebieten eignen. Von den lokalen Akteuren sind aber neben Engelshöhe auch Dasnöckel und Teile des nördlichen Tesche als mögliche Rückbaugebiete definiert worden.

Im Bereich der Verkehrsinfrastruktur wurden die Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs und Stationen des *car-sharings* kartiert. Die Bushaltestellendichte in Vohwinkel ist sehr hoch, allerdings sagt das noch nichts über die Taktung und Anzahl der Buslinien aus. In den peripheren Wohngebieten sind auch mehrere Taxibus-Haltestellen ausgewiesen, die zur Flexibilisierung des Angebotes beitragen. Am Bahnhof Vohwinkel halten Regional- und S-Bahnzüge. Drei Schwebebahnhaltestellen runden das ÖPNV Angebot ab. Bislang gibt es eine stationäre *car sharing*-Station in Vohwinkel. Sie ist in Vohwinkel-Mitte angesiedelt (vgl. Abbildung 29).

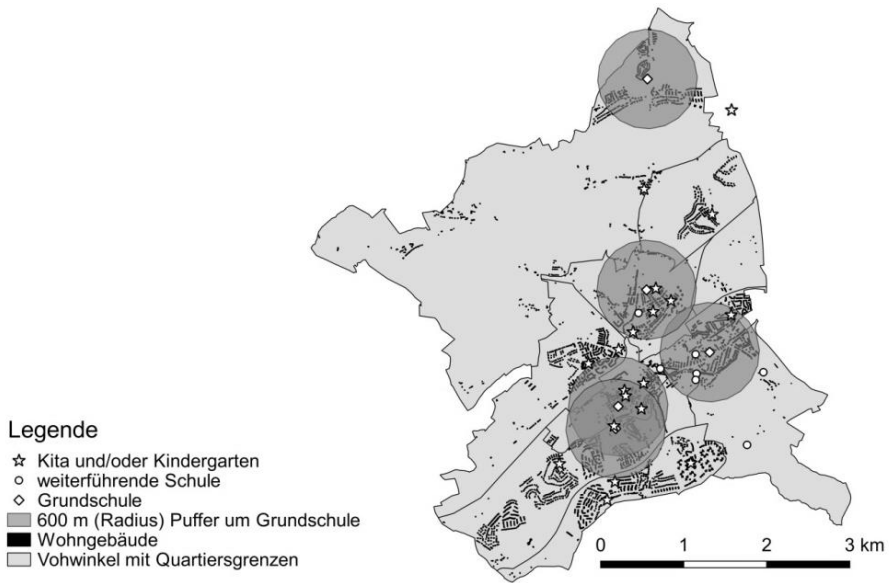
Aus dem Bereich des nicht-motorisierten Verkehrs, bei dem keine Energie, angenommen der Muskelkraft, genutzt wird und der daher für Energiesuffizienz von Bedeutung ist, wurden die Radwege in Vohwinkel aufgenommen. Größtenteils handelt es sich bei den Radwegen um Teilabschnitte entlang der Ausfallstraßen. Die als Radweg ausgebaute Nordbahntrasse endet in Vohwinkel (vgl. Abbildung 30). In vielen Wohn- und Mischgebieten ist bereits Tempo 30 eingeführt, was trotz fehlender expliziter Radwege für den Radverkehr von Vorteil ist.

**Abbildung 24: Räumliche Verteilung Einkaufen: Güter des täglichen Bedarfs**



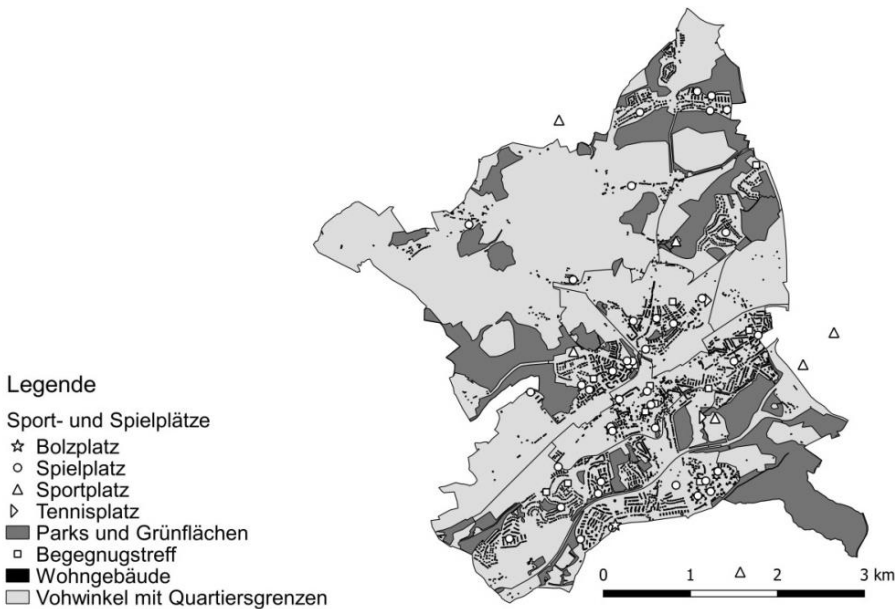
Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

**Abbildung 25: Räumliche Verteilung der Bildungseinrichtungen**



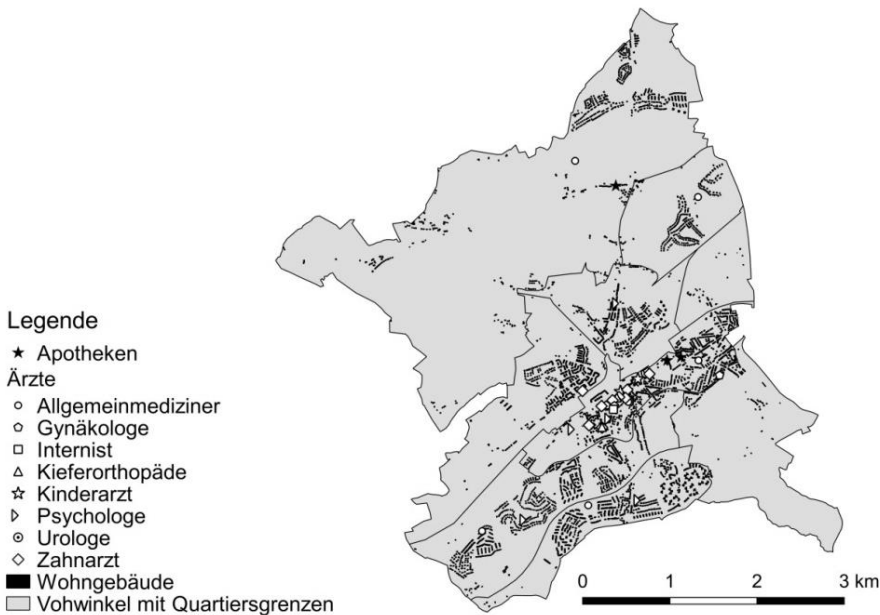
Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

Abbildung 26: Räumliche Verteilung von Freizeiteinrichtungen



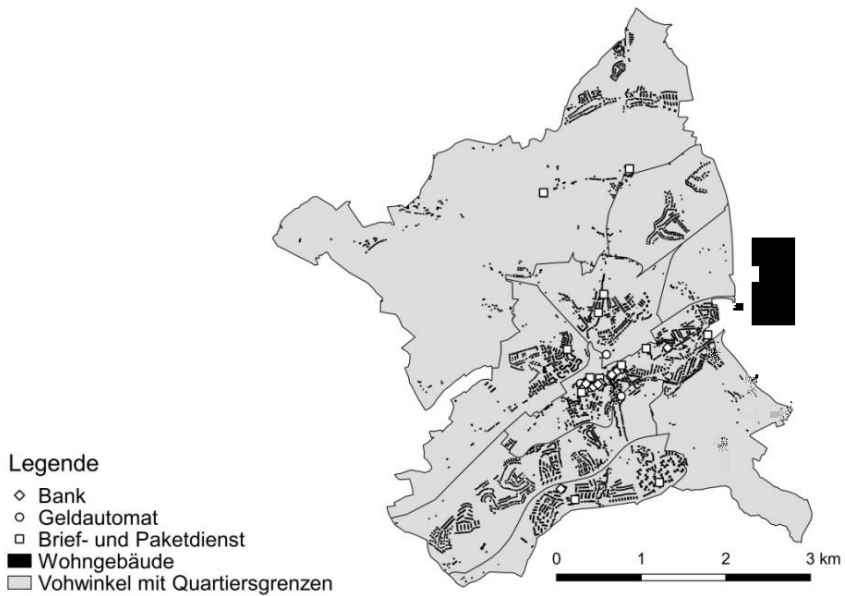
Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

Abbildung 27: Räumliche Verteilung von Apotheken und Ärzten



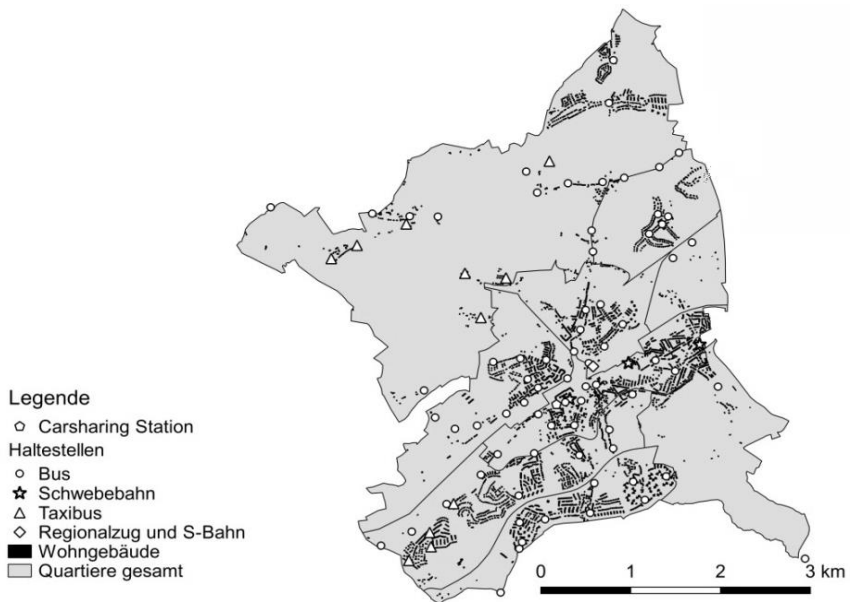
Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

**Abbildung 28: Räumliche Verteilung der Brief- und Paketdienstleister, Banken und Geldautomaten**



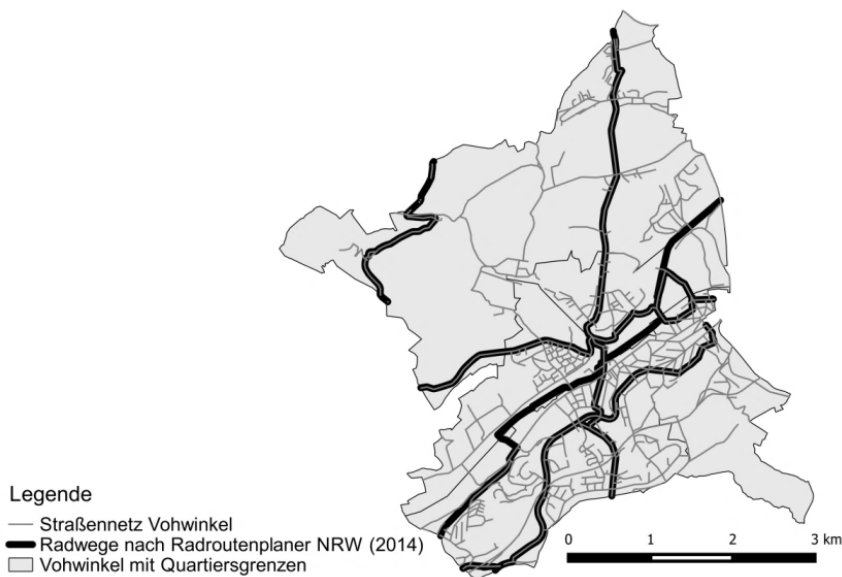
Quelle: eigene Darstellung mit QGIS

**Abbildung 29: Räumliche Verteilung der ÖPNV-Stationen und Car-Sharing**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

Abbildung 30: Radwege in Vohwinkel im Jahr 2013



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

### 6.3 Energiesuffizienz fördernde Maßnahmen und Strategien

Dieses Unterkapitel stellt die Ergebnisse zu **Schritt 6 (Auswahl von Strategien und neuen Nischen von Akteursgruppen)** des *transition scenarios* dar. Ziel ist es, Strategien und Maßnahmen aus dem Bereich der Stadtentwicklung zu identifizieren, die aus Sicht der Vohwinkel Interviewpartner dazu geeignet sind, energiesuffizientes Verhalten vor Ort zu fördern. Dazu wurde ein mehrstufiger Prozess durchgeführt. Zunächst wurde auf Grundlage von Literaturrecherchen und den Aussagen aus den 15 Experteninterviews eine erste Liste von allgemeinen Strategien und Maßnahmen zusammengestellt, die bei den Akteursinterviews von den Gesprächspartnern hinsichtlich ihrer Umsetzungschancen in Vohwinkel bewertet wurden. Außerdem haben die Akteure die Liste durch weitere Vorschläge erweitert. Beim Akteursworkshop sind die Maßnahmenliste und ihre Bewertung durch die Akteure vorgestellt worden, woraufhin einzelne Strategiefelder in großer Runde näher diskutiert wurden.

Seit Beginn des Jahrzehnts sind vermehrt Studien erschienen, die aus dem soziologischen und umweltpsychologischen Blickwinkel beleuchten, durch welche Überlegungen suffizientes Verhalten von Individuen umgesetzt wird und wie Suffizienzmaßnahmen auf das Verhalten wirken (z.B. Stengel 2011b, Schneidewind/Zahrnt 2013, Schäpke/Rauschmayer 2014). Daher werden im Folgenden die Strategien und Maßnahmen nicht nur aufgelistet und erläutert. Sondern es werden Erkenntnisse aus verschiedenen Disziplinen genutzt, um die Art und Weise des Ansatzhebels zu energiesuffizientem Verhalten näher zu beleuchten und die Strategien und Maßnahmen zu kate-



gorisieren. Dabei lassen sich einige Strategien mehreren Unterkategorien der jeweiligen Bewertungskategorien zuordnen. Das hängt auch mit der Tatsache zusammen, dass allgemeinere Strategien durch mehrere konkrete Maßnahmen umgesetzt werden. Die Bewertung anhand des Kategorisierungsschemas aus Kapitel 3.3 war nicht Bestandteil der Datenerhebungsphase und stützt sich daher auf Einschätzungen der Autorin. Die Aufteilung in **Pull- und Push-Maßnahmen** bezieht sich auf die Effekte der Maßnahmen/Strategien. Die Bewertung anhand der vier E's orientiert sich an der Wirkung auf verschiedene Lebensbereiche und schließt die Strategien mit ein. Gerade die Kategorie «Entrupelung» deckt sehr unterschiedliche Suffizienzfelder ab, weshalb hier eine Konkretisierung in die Bereiche *Weniger* und *Maßhalten* gemacht wird. *Weniger* bedeutet immer eine Reduzierung der vorherigen Menge, während *Maßhalten* auch dazu beitragen kann, die Nachfrage nicht auszuweiten. Die Kategorie **Entscheidungshäufigkeit** bezieht sich nicht darauf, wie oft eine Maßnahme oder Strategie eingeführt oder wiederholt wird, sondern auf die Häufigkeit, mit der die einzelnen Bürger das energieintensive Verhalten bestimmen können. Dabei ist zu bedenken, dass bei vielen Gelegenheiten täglich über das Verhalten entschieden werden kann, tatsächlich aber Routine und Gewohnheiten die bewusste Entscheidung überlagern. Mit dem Bewertungsansatz **Veränderung** wird ausgedrückt, welche Art der Veränderung durch die Maßnahme konkret angestoßen wird. Neben den baulichen und infrastrukturellen Änderungen betrifft das auch die «weichen» Faktoren wie den Wissensstand und die Informationsbasis der Bevölkerung.

Tabelle 20 stellt die herausgearbeiteten Strategien und Maßnahmen aus dem Bereich Raumwärme in knapper Form dar. Außerdem zeigt sie die Bewertungen anhand der vier verschiedenen Kategorien, die in Kapitel 3.3 herausgestellt wurden. Es handelt sich dabei nicht um eine vollständige Liste aller denkbaren Möglichkeiten für Suffizienzförderung in den betrachteten Sektoren, sondern beinhaltet jene, die von Experten und Akteuren vor Ort als wirksam erachtet wurden. Die fett gedruckten Strategien und Maßnahmen sind von den Akteuren hinsichtlich ihrer Umsetzungschancen in Vohwinkel bewertet worden.

In Tabelle 21 sind die Strategien und Maßnahmen für Suffizienzförderung im Bereich motorisierter Personenverkehr aufgezeigt. Da es zum einen das Ziel jeder Maßnahme ist, die durchschnittliche Wegelänge zu reduzieren, die mit motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt wird, und zum anderen die Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln zu senken, wird diese Spalte nicht gesondert aufgeführt. Die fett gedruckten Strategien und Maßnahmen sind von den Akteuren hinsichtlich ihrer Realisierungschancen in Vohwinkel bewertet worden.

Neben der Aufzählung von Ansatzhebeln zur Förderung von energiesuffizientem Verhalten haben die Akteure aus Vohwinkel auch die bereits von den Experten identifizierten Strategien und Einzelmaßnahmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit vor Ort bewertet. Die Einschätzung der Wirksamkeit stand hierbei nicht im Fokus. Insgesamt bewerteten die Akteure 12 Strategien und Maßnahmen aus dem Verkehrsbereich und

10 aus dem Raumwärmebereich. Alle Strategien und Maßnahmen wurden mindestens von der Hälfte der 15 Gesprächspartner als «gut realisierbar» oder «unter bestimmten Bedingungen realisierbar» in Vohwinkel angesehen. Die Auswertung der Einschätzungen zeigen weiter, dass Pull-Maßnahmen aus heutiger Sicht im städtischen Bereich die größte Zustimmung finden. Von den vier Maßnahmen, die immerhin ein Drittel oder mehr der Akteure als «eher nicht zu realisieren» bzw. «nicht realisierbar» für Vohwinkel einschätzen, zählen drei zu den Push-Maßnahmen:

- Parkraumbewirtschaftung
- Tempo 30-Zonen
- Wohnflächenmoratorium

Die Strategie «Sicherung der Nahraumversorgung» umfasst zwar größten Teils Pull-Maßnahmen wie «Multifunktionsläden in Quartieren» oder «Kitas, Kindergärten und Schulen dezentral erhalten», wird dennoch von mehreren Akteuren kritisch in Bezug auf die Umsetzungschancen gesehen. Als Grund wird genannt, dass die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt wird.

Insgesamt können sich die befragten Akteure gut vorstellen, dass Energiesuffizienz fördernde Maßnahmen in Vohwinkel umgesetzt werden. Damit diese ihre Wirkung entfalten können, ist nach Akteursmeinung ein Umdenken in der Gesellschaft von Bedeutung. Allerdings tragen umgekehrt die Strategien und Maßnahmen zusammen mit externen Faktoren wie dem Anstieg der Energiepreise oder der Wahrnehmung des Klimawandels auch ihrerseits zum Umdenken bei.

Die Auswertung hat gezeigt, dass viele der genannten Strategien und konkreten Umsetzungsmaßnahmen keine radikal neuen Instrumente sind und in den wenigsten Fällen technische Lösungswege darstellen. Vielmehr handelt es sich um Änderungen der infrastrukturellen Gegebenheiten im öffentlichen Raum (Lage und Anzahl von Schulen, Geschäften, Wohnbezirken) oder im privaten Bereich um Änderungen der Wohnansprüche. Dabei müssen die Ansprüche nicht zurückgehen, sondern nur eine andere Bewertung erfahren (das gemeinschaftliche Wohnen und Teilen von Räumen und Gegenständen im Vergleich zum individuellen Besitz des immer Mehr und Größer). Die Auswertungen zu den Wirkungskategorien zeigen weiter, dass motorisierter Verkehr nicht grundsätzlich verhindert oder verboten werden soll, sondern erstens durch bewusste Wahlmöglichkeit des Ziels verändert bzw. verkürzt werden, was zu einer Renaissance der Orte und Entflechtung nach den vier E's von SACHS (vgl. 1993) führt. Zweitens wird motorisierter Verkehr durch verändertes Verkehrsmittelwahlverhalten hin zu nicht motorisierten Verkehrsmitteln verringert. Dies führt zu einer Entschleunigung des Verkehrsverhaltens. Ist davon auszugehen, dass die durchschnittliche Zeit, die pro Person pro Tag für Ortsveränderungen aufgewendet werden, mit knapp 80 Minuten und die Anzahl der Wege bei etwas mehr als drei Wegen konstant bleiben (vgl. Infas/DLR 2010a: 4, KIT 2011: 18) und die zurückgelegten Kilometer zurückge-

hen, muss es zu einer Verlangsamung des Verkehrsgeschehens kommen bzw. müssen solche Strategien und Maßnahmen genutzt werden, die das Verkehrsgeschehen verlangsamen. Als Gemeinsamkeit der beiden Untersuchungsbereiche lässt sich herausstellen, dass viele Strategien Auswirkungen auf die Raumstruktur (Siedlungsstruktur und Verkehrsstruktur) und organisatorische Gestaltung des Alltags haben. Bei der Annahme, dass eine schrumpfende Bevölkerung ohnehin zu Veränderungen der Raumstruktur führt (Schließung von Schulen, Buslinien, Einzelhandel), besteht die Chance, sie durch aktive Gestaltung verkehrssparender und wohnflächensparender zu gestalten.

**Tabelle 20: Strategien und Maßnahmen zur Suffizienzförderung im Raumwärmebereich privater Haushalte**

Ziel	Strategien	Maßnahmen	Push/ Pull	Die 4 E's	Entscheidungs- häufigkeit	Veränderung
Mehr EW pro HH	Wohngemeinschaften (Studenten-WGs, Senioren-WGs) & Mehrgenerationenwohnen	<b>Infokampagnen</b> Umbau/ Neubau/Beratung	Pull	Entrümpelung/ Weniger	periodisch	A, C & D
Weniger beheizte m <sup>2</sup> pro HH	Umzug bei Verkleinerung der HH-Größe oder Veränderung anderer gravierender Lebensumstände	Umzugsmanagement/ Wohnungstauschbörse	Pull	Entrümpelung/ Weniger	periodisch	A & B
	Abtrennen von nicht beheizten Räumen im Winter	Umbau/ Neubau/ Beratung	Pull	Entrümpelung/ Weniger	periodisch	A, C & D
	Flexible Wohnformen	Umbau/ Neubau/ Beratung	Pull	Entrümpelung/ Maßhalten	periodisch	A, C & D
	Aufteilen von großen Häusern	Umbau/ Beratung	Pull	Entrümpelung/ Weniger	periodisch	A, C & D
	Kleinere Wohnungsgrößen bei Neubauten	Neubau/ Beratung	Pull	Entrümpelung/ Maßhalten	periodisch	C & D
	Einrichtung von Gemeinschaftsräumen in MFH	Infokampagnen/ Umbau/ Neubau	Pull	Entrümpelung/ Entkommerzialisierung	periodisch	A
	Wohnflächenmoratorium	Gesetz/ Verordnung	Push	Entrümpelung/ Maßhalten	periodisch	B

Ziel	Strategie	Maßnahmen	Push/ Pull	Die 4 E's	Entscheidungs- häufigkeit	Ver- ände- rung
Differen- ziertes Heizen & Lüften	Tag und Nacht- Unterschiede in der Raumtemperatur	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe/ technische Re- gelungen	Pull	Entrümpelung/ Maßhalten	täglich	A & D
	<b>Nutzungsspezifische Raumtemperaturwahl</b> (Wohnzimmer; Schlafzimmer, Küche etc.)	Infokampagnen/ Bildung/ vor Ort Beratung/ Wettbewerbe	Pull	Entrümpelung/ Maßhalten	täglich	A & D
	Bewusste Senkung der Temperatur durch Umdenken	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe/ häufigere Heiz- kostenabrech- nung	Pull	Entrümpelung/ Maßhalten	täglich	D
	Stoßlüften (wenn dadurch geringere Temperatur gewählt wird)	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe/ Thermochroma- tische Produkte	Pull	Entrümpelung/ Maßhalten	täglich	A & D
	Automatische Fens- teröffnung zur Lüf- tung	Technische As- sistenzfunktionen	Pull	Entrümpelung/ Maßhalten	täglich	A & C

A = Veränderung der organisatorischen Gestaltung B = Veränderung der städtebaulichen Struktur/ Raumstruktur C = bauliche Veränderungen am Einzelobjekt D = Veränderung der Informationsbasis

Die fett gedruckten Strategien und Maßnahmen sind von den Akteuren hinsichtlich ihrer Realisierungschancen in Vohwinkel bewertet worden.

Quelle: eigene Darstellung

**Tabelle 21: Strategien und Maßnahmen aus dem Bereich motorisierter Personenverkehr**

Strategien	Maßnahmen	Push/ Pull	Die 4 E's	Entschei- dungs- häufigkeit	Ver- ände- rung
Sicherung der Nahraumversor- gung	Multifunktionsläden in Quartieren; dezentrale Abholstationen für Be- stellungen über das Internet	Pull	Entflechtung	täglich	A
	Vermeidung und ggf. Rückbau von Einkaufszentren am Rand	Push	Entrümpe- lung/ Maßhalten	täglich	B
	Förderung von E-commerce und E- banking	Pull	Entflechtung	täglich	A
	Kitas, Kindergärten und Schulen dezentral erhalten	Pull	Entflechtung	periodisch	A

Strategien	Maßnahmen	Push/ Pull	Die 4 E's	Entscheidungs- häufigkeit	Ver- ände- rung
	Freie Kindergarten- und Grundschulwahl (wieder) einschränken	Push	Entflechtung	periodisch	A
Nutzungsmischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Vereine fördern und bürgerschaftliches Engagement unterstützen; Mehrgenerationentreffs/Jugendtreffs; Sportstätten erhalten (z.B. Sporthallen, Fußballplatz)	Pull	Entflechtung/ Entkommerzialisierung	täglich	A & D
	Ermöglichung von <i>home office</i>	Pull	Entflechtung	periodisch	A
Nutzungsmischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Brachflächen als Park oder Urban Gardening und Hitzeausgleichsflächen nutzen; Aufenthaltsqualität in Quartieren erhöhen (Treffpunkte und Spielplätze schaffen)	Pull	Entflechtung/ Entkommerzialisierung	täglich	A & B
	Förderung von Wegeketten durch strategische Standortplanung (z.B. Versorgungsläden an Verkehrsknotenpunkten)	Pull	Entflechtung	täglich	B & C
	Monostrukturierte Wohngebiete vermeiden/ Dienstleistungsbetriebe und nicht störendes Gewerbe in Wohngebieten ansiedeln; Angebot an Wohnraum in gemischt genutzten Gebieten fördern	Pull	Entflechtung	periodisch	A & B
Kompakte bauliche Strukturen	Restriktiv: Wohnflächenmoratorium d.h. keine Siedlungsflächenausweitung (besonders an den Rändern)	Push	Entflechtung	periodisch	A & B
	Abriss von leerstehenden Bauten am Rand und ggf. in den zentralen Gebieten zur Grünflächenbildung; <b>Verfolgung des Leitbildes "Schrumpfung vom Rand/ Kontraktion"</b>	Push	Entrümpe- lung/ Maßhalten	periodisch	A, B & C
	Unterstützend: Umzugsmanagement zur Förderung der Ansiedlung der Bevölkerung in zentralen Gebieten mit stabil zu haltender Dichte	Pull	Entflechtung	periodisch	A, B & D
Gegebenheiten für nicht-motorisierten Verkehr verbessern, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Fußverkehr: Verbesserte Fußwegequalität (u.a. breitere Bürgersteige, mehr Brücken über Bahnlinien, bürgerschaftliches Engagement bei der "Verschönerung" von Gehwege)	Pull	Entschleunigung	täglich	A & B

Strategien	Maßnahmen	Push/ Pull	Die 4 E's	Entscheidungs- häufigkeit	Ver- ände- rung
Gegebenheiten für nicht-motorisierten Verkehr verbessern, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Radverkehr: Ausbau der Fahrradwege; flexibles Fahrradverleihsystem (ggf. Pedelecs); Vermehrung der Fahrradparkplätze	Pull	Entschleunigung	täglich	A & B
Gegebenheiten für motorisierten Verkehr erschweren, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Raumwiderstand erhöhen z.B. durch flächendeckende Tempo 30-Zone, Verkehrsberuhigte Bereiche, Fußgängerzonen, Verengung der Fahrbahn z.B. im Kreuzungsbereich	Push/ Pull	Entschleunigung	täglich	A & B
	Parkraumbewirtschaftung (weniger Pkw Parkplätze, Parkgebühren für private Pkw auf öffentlichen Flächen, Quartiersparkplätze)	Push	Entschleunigung	täglich	A & B
Beratungsangebote verbessern/ Umdenken und Verhaltensänderung fördern	Aufklärungsarbeit bei Kindern und Jugendlichen; <b>Mobilitätsberatungsangebote für Bürger und Neubürger</b> ; Sensibilisierung über Vereine; Energiesparwettbewerbe mit verkehrssparender Komponente; Für Suffizienzmaßnahmen als alten- und kindergerechte Stadtteile werben; Autofreier Sonntag	Pull/ Push	Entflechtung und die Renaissance der Orte / Entschleunigung	periodisch	D
	Förderung von Wegekette durch Informationsangebote an Schulen und Sensibilisierung über Beratungsangebote	Pull	Entflechtung	täglich	D
Rahmenbedingungen für Wahlfreiheit der Mobilität erhalten (Alternativen zum Autokauf)	Öffentlichen Personenverkehr stärken (u.a. kürzere Taktzeiten, Nachtbusse, Anrufsammeltaxen)	Pull	Entschleunigung, Entkommerzialisierung	täglich	A
	Förderung von <i>car sharing</i>	Pull	Entkommerzialisierung	täglich	A

A = Veränderung der organisatorischen Gestaltung; B = Veränderung der städtebaulichen Struktur/ Raumstruktur; C = bauliche Veränderungen am Einzelobjekt; D = Veränderung der Informationsbasis

Die fett gedruckten Strategien und Maßnahmen sind von den Akteuren hinsichtlich ihrer Realisierungschancen in Vohwinkel bewertet worden.

Quelle: eigene Darstellung

## 7 Blick in die Zukunft: drei Szenarien für Vohwinkel

Orientiert am Konzept des *transition enabling cycle* (Kapitel 3.1) beinhaltet dieses Kapitel die Phase der Entwicklung von Visionen, bei der die Erarbeitung konkreter Nachhaltigkeitskonzepte im Vordergrund stehen.

Ziel dieses Kapitels ist es, alternative Pfade unter Einbeziehung unterschiedlicher Akteure, Wissensstände und Blickwinkel zu entwerfen, die zeigen, was die Ausrichtung an einer Energiesuffizienz orientierten Entwicklung in den beiden Systemen alltäglicher Personenverkehr und Raumwärme privater Haushalte in Vohwinkel bis zum Jahr 2050 bedeuten kann. Dabei wird eine problemorientierte Blickrichtung angenommen, die basierend auf der Analyse der Ist-Situation und unter Einbeziehung von Annahmen zur Entwicklung der allgemeinen Rahmenbedingungen drei Szenariopfade aufzeigt: Referenz-Szenario, Moderates-Suffizienz (MS)-Szenario und Transition-to-Sufficiency (TTS)-Szenario. Es werden entsprechend der Methode der *transition scenarios* (vgl. Kapitel 4.2.3) explizit normative Annahmen getroffen, die auf Ergebnissen der verschiedenen Datenerhebungsschritte beruhen und auf die Ziele Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit ausgerichtet sind.

Erkenntnisleitend ist zum einen die Frage, welche gesellschaftlichen und räumlichen Strukturen sich durch verschiedene Schwerpunkte der Energiesuffizienzförderung im Vergleich zu einer Referenzentwicklung herausbilden. Zum anderen wird untersucht, welche Bilder sich von Vohwinkel unter Einbeziehung der Akteure vor Ort langfristig zeichnen lassen. Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, wie viel Endenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen in etwa durch eine Kombination unterschiedlicher Handlungsstrategien eingespart werden könnten. Dabei liegt beim MS- und beim TTS-Szenario ein Schwerpunkt auf der Energiesuffizienzförderung, wobei die Anzahl umgesetzter Strategien und Maßnahmen variiert. Alle drei Szenarien sind als *forecasting*-Szenarien konzipiert, die zeigen, wie sich die untersuchten Parameter ändern, wenn die jeweils zuvor getroffenen Annahmen eintreffen. Die Blickrichtung geht von der Gegenwart in die Zukunft im Jahr 2050.

Obwohl die Zukunft prinzipiell ungewiss ist, gibt es gute Gründe, sich mit möglichen Entwicklungspfaden und alternativen zukünftigen (Ziel-)Zuständen zu befassen (vgl. Kapitel 4.2.3 Methodische Grundlagen: Szenarioanalyse). Hilfreich ist die Beschäftigung mit Szenarien im vorliegenden Fall, um Entscheidungsträgern und Einwohnern langfristige Orientierungsmuster aufzuzeigen. Szenarien bieten erstens eine detaillierte Darstellung einer zukünftigen Situation und stellen zweitens den Entwicklungsweg von der Gegenwart zu dieser Situation (oder umgekehrt) dar. Das Grundgerüst bilden «Wenn...dann... Aussagen». Auch im vorliegenden Kapitel sind die Szenarien keinesfalls als Prognosen zu verstehen. Rein qualitativ, beschreibende Szenarien haben den Nachteil, dass sie keine Aussagen bezüglich der quantitativen Effekte bestimmter Entwicklungen machen können. Sie können aber in einem Umfeld mit komplexen Interaktionen sinnvoll sein, um eine bildlich beschreibende Entwicklung des Szenariofeldes aufzuzeigen. Quantitative Szenarien hinge-

gen sind auf viele Annahmen und Zahlenwerte angewiesen, die die zukünftige Entwicklung der Schlüsselfaktoren abbilden. Je weiter der Blick in die Zukunft gerichtet ist, desto unsicherer ist es, exakte (Entwicklung-)Werte festzusetzen. Zahlen können eine Genauigkeit suggerieren, die nicht gegeben ist. Aber sie können dazu dienen, richtungssicher Größenordnungen der untersuchten Effekte aufzuzeigen. Aufgrund der unterschiedlichen Stärken und Schwächen der Szenariotypen werden beide Typen für die Untersuchung der Energiesuffizienz als handlungsleitende Strategie auf Ebene der Stadtentwicklung in Vohwinkel kombiniert.

In den Unterkapiteln 7.3. bis 7.5 werden die Ergebnisse dreier Hauptszenarien dargestellt. Eine Sensitivitätsanalyse zum Wohnflächenmoraorium wird im MS-Szenario durchgeführt, da dieser Maßnahme von den Experten sowohl im Verkehrs- als auch im Raumwärmesystem oberste Priorität bei der Einführung zugesprochen wurde. Die Akteure vor Ort räumten der Maßnahme nur eher geringe Realisierungschancen ein. Folgenden drei Hauptszenarien werden erarbeitet:

- Das **Referenz-Szenario** beruht auf einer Fortschreibung der aktuellen Entwicklungen und Trends. Wie zum derzeitigen Zeitpunkt spielt die Förderung von Energiesuffizienz keine Rolle in der lokalen Entwicklung. Die Energienachfrage in den Bereichen Raumwärme privater Haushalte und alltäglicher Personenverkehr wird von Annahmen zur Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz bis 2050 geprägt.
- Im **Moderate-Suffizienz (MS)-Szenario** werden alle Energiesuffizienz-Maßnahmen, die die Akteure vor Ort mit einer einfachen Mehrheit als «gut umsetzbar» ansehen und von mindestens 2/3 der Experten quantifiziert werden, realisiert. Die Annahmen aus dem Referenz-Szenario zur Entwicklung der Schlüsselfaktoren aus den Bereichen der erneuerbaren Energien und Energieeffizienz bleiben konstant.
- Das **Transition-to-sufficiency (TTS)-Szenario** beinhaltet die Umsetzung aller Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung und einen gesellschaftlichen Wandel hin zur Nachhaltigkeit. Dabei werden alle genannten und quantitativ von einer 2/3 Mehrheit bewerteten Maßnahmen umgesetzt. Dieses Szenario stellt eine Visionsentwicklung für die Strategie der Energiesuffizienz dar und ist in hohem Maße von Wunschvorstellungen bzw. Gedankenspielen der Akteure und Experten geprägt.

Zum Abschluss des Kapitels werden drei weitere Sensitivitätsanalysen durchgeführt, in denen jeweils einer der Parameter Sanierungsrate, Entwicklung der Elektromobilität und Entwicklung der Einwohnerzahl variiert wird. Die zukünftige Entwicklung dieser Parameter gilt als besonders unsicher und wird sowohl in der Fachliteratur als auch während der Interviewphasen mit Experten und Akteuren vielfach diskutiert.



## 7.1 Die Ausgangssituation in Vohwinkel um die Jahre 1990 und 2010

Deutschland und viele andere Industrieländern haben sich das Ziel gesetzt, die THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 um 80 % bis 95 % im Vergleich zum Jahr 1990 zu reduzieren, um mit den Folgen des Klimawandels umgehen zu können (vgl. auch Kapitel 2). Auch wenn sich die Stadt Wuppertal dieses Ziel (bislang) noch nicht explizit gesetzt hat, dient diese Prämisse als langfristiger Orientierungswert für ein nahezu CO<sub>2</sub>-neutrales Leben und Wirtschaften in der Stadt. Als Mitglied der internationalen Initiative «Klima-Bündnis» (*Climate Alliance*) hat Wuppertal bereits das Ziel, alle fünf Jahre die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 10 % zu reduzieren, wobei eine Halbierung der Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 (im Vergleich zu 1990) erreicht werden soll (vgl. Klima-Bündnis 2016). Eine Analyse der Sektoren «Private Haushalte» und «Verkehr» in Wuppertal befindet sich im Anhang, Anlage 6 und Anlage 7.

Beispielhaft wird für Vohwinkel aufgezeigt, in welchem Umfang und mit welchen Strategien in Bezug auf Energiesuffizienz eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die den weitaus größten Teil der energiebedingten THG-Emissionen ausmachen (vgl. Kapitel 1), aus heutiger Sicht erzielt werden kann. Auch die möglichen Entwicklungen der Energieeffizienz und erneuerbaren Energien werden betrachtet, stehen aber nur im Referenz-Szenario im Mittelpunkt.

Das **Startjahr** der Betrachtung ist das Jahr 1990. Allerdings ist die Datenlage auf städtischer Ebene sowohl für das Verkehrssystem als auch für den Raumwärmebereich sehr lückenhaft und bezieht sich häufig auf Bundesdurchschnittswerte, die auf die damalige Einwohnerzahl angewandt wurden. Dennoch wird auf Grundlage der vorhandenen Daten auf Stadtebene die Ausgangssituation für den Stadtteil Vohwinkel im Jahr 1990 bezüglich der Energienachfrage und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes abgeschätzt (Rückblick). Dann wird die Situation um das Jahr 2010 als **Basisjahr** (Ist-Situation) für die Entwicklung der Szenarien bis 2050 (Ausblick) dargestellt. Generell wird nach dem Prinzip verfahren, die Daten möglichst *bottom-up* auf Ebene von Vohwinkel in die Analyse einzubeziehen. Sind auf dieser Ebene keine Daten vorhanden, wird die nächsthöhere Ebene gewählt, für die die benötigten Werte zur Verfügung stehen. Die Durchschnittswerte werden dann auf Vohwinkel übertragen.

Für den Stadtbezirk Vohwinkel liegen nach Aussagen der Stadt Wuppertal und der Wuppertaler Stadtwerke (WSW) keine spezifischen Daten im Bereich alltäglicher Personenverkehr und Raumwärme privater Haushalte für das Jahr 1990 vor. Zunächst wird daher die Situation im Basisjahr 2010 anhand der größtenteils vohwinkelspezifischen Daten ermittelt. Anschließend werden durch eine Kombination von Daten auf Stadtteil- und Stadtebene die Daten für das Startjahr 1990 abgeschätzt. Das gilt sowohl für den alltäglichen Verkehr (vgl. Kapitel 7.1.1) als auch für die Raumwärmenachfrage privater Haushalte (vgl. Kapitel 7.1.2) in Vohwinkel.

### *7.1.1 Alltäglicher Personenverkehr: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für das Basisjahr 2010 und das Startjahr 1990 in Vohwinkel*

#### **Das Basisjahr 2010:**

##### **Einführung in die Datengrundlage**

Die Hauptdatengrundlage für die Darstellung der Ausgangssituation des Verkehrsverhaltens der Vohwinkeler Bevölkerung ist die Verkehrsbefragung der Stadt Wuppertal aus dem Jahr 2011 zum werktäglichen Mobilitätsverhalten der Wuppertaler, die für die vorliegende Arbeit von der Autorin gesondert für die Teilnehmer mit Wohnsitz in Vohwinkel ausgewertet wurde. Aufgrund einiger Datenlücken und unplausibler Daten wurde eine Datenbereinigung durchgeführt. Die Beschreibung der genauen Vorgehensweise befindet sich im Anhang, Anlage 8. Um auch den Wochenendverkehr mit aufzunehmen, der durch die lokalen Gegebenheiten und die Energiesuffizienzförderung geprägt wird, werden die vohwinkelspezifischen Daten zum werktäglichen Verkehrsverhalten modifiziert. Die Betrachtungsebene ist dann der alltägliche Personenverkehr der Vohwinkeler Bevölkerung. Damit wird in den Szenarien die Betrachtungsebene noch einmal eingegrenzt, denn mit den Experten und Akteuren wurde allgemein der Personenverkehr diskutiert. Letztendlich sprechen zwei Gründe für die Eingrenzung auf den alltäglichen Personenverkehr in den Szenarien. Erstens decke die Datenlage für Vohwinkel nur den werktäglichen Verkehr ab. Von den Akteuren werden aber auf lokaler Ebene auch Maßnahmen zur Förderung von Energiesuffizienz genannt, die den Wochenendverkehr betreffen (z.B. Autofreie Sonntage). Daher werden Annahmen getroffen, den Wochenendverkehr zu integrieren. Da sich Urlaubsreisen strukturell vom Alltagsverkehr unterscheiden (vgl. Grimm/Schmücker 2015), würde deren Einbeziehung weitere erhebliche Verallgemeinerungen und Unsicherheiten mit sich bringen. Zweitens werden von den Akteuren und Experten für die lokale Ebene keine spezifischen Maßnahmen definiert, die den Urlaubsverkehr adressieren.

Tabelle 22 zeigt die Ausdifferenzierung des Personenverkehrs und die Anteile am Verkehrsaufwand der jeweiligen oberen Kategorie. Der werktägliche Personenverkehr, zu dem also Kenntnisse auf Stadtbezirksebene für Vohwinkel vorliegen, hat deutschlandweit einen Anteil von 70 % am Alltagsverkehrsaufwand (eigene Berechnung nach Infas/DLR 2010b). Der Alltagsverkehr umfasst den Verkehr außerhalb der Urlaubszeit. Der Anteil des Alltagsverkehrs beträgt 74 % des Personenverkehrsaufwandes in Personenkilometern pro Person und Jahr.

**Tabelle 22: Unterteilung des Personenverkehrs mit Angaben zu den Anteilen am Verkehrsaufwand der jeweiligen Oberkategorie in Deutschland**

Personenverkehr			
Alltagsverkehr (74 %)		Urlaubsreisen (26 %)	
Werkstäglicher Verkehr (Montag bis Freitag) (70 %)	Wochenendverkehr (Samstag und Sonntag) (30 %)	Kurzurlaubsverkehr (2 bis 4 Übernachtungen) (24 %)	Urlaubsverkehr (ab 5 Übernachtungen) (76 %)

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung nach Daten Zumkeller et al. 2011, Infas/DLR 2010b: 142, Grimm/Schmücker 2015: 106

Für die Vohwinkeler Szenarien wird das Einwohnerprinzip als Bilanzierungsmethode zugrunde gelegt. Dafür sprechen verschiedene Gründe. Werden als Vergleichswert für andere Gemeinden oder Stadtbezirke die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf herangezogen, sollten auch nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen einbezogen werden, die von der in Vohwinkel lebenden Bevölkerung verursacht werden und nicht zusätzlich auch die der Einpendler. Außerdem ist aufgrund der Wuppertaler Verkehrsbefragung 2011 die Datenlage für das Einwohnerprinzip gegeben. Darüber hinaus ist das Prinzip mit den Raumwärmeszenarien kompatibel, wo aufgrund der stationären Entstehung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Eingrenzung auf Privathaushalte auch nur die Emissionen der Einwohner Vohwinkels untersucht werden.

Das Verkehrsverhalten im Basisjahr 2010 wird über die Auswertung der Wuppertaler Verkehrsbefragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten abgebildet (siehe Anhang, Anlage 9). Dazu wird zum einen das gesamte werktägliche Verkehrsverhalten der Einwohner Vohwinkels untersucht und zum anderen nur das werktägliche Verkehrsverhalten mit motorisierten Verkehrsmitteln. Die Einschränkung wird vorgenommen, da bei der Entwicklung der Szenarien und der Bewertung der Maßnahmen die Effekte auf den motorisierten Verkehr betrachtet werden.

Um das tatsächliche Verkehrsverhalten der Vohwinkeler Bevölkerung als erste Grundlage für die Szenarien zu verwenden und nicht gesamtstädtische oder nationale Daten *top-down* auf Vohwinkel zu übertragen, muss mit einigen Unzulänglichkeiten der Datenlage und Analysemöglichkeit umgegangen werden. Zu den Unzulänglichkeiten der Datenlage zählen:

- die Einschränkung, dass sich die Datengrundlage auf das werktägliche Verkehrsverhalten (montags bis freitags) beschränkt und die Urlaubsreisen sowie der Wochenendverkehr ausgeklammert werden
- die Beschränkung der Befragung auf Personen, die 10 Jahre und älter sind: das bedeutet auch, dass Wege zum Kindergarten und zur Grundschule der Kinder nicht mit eingeflossen sind. Falls Jugendliche/Erwachsene die Kinder begleitet haben, sind diese Wege der Begleitpersonen in der Kategorie Bringen/Holen erfasst

- der geringe Stichprobenumfang von 2,1 % der Vohwinkeler Bevölkerung und 2,3 % der Bevölkerung älter als 9 Jahre (eigene Berechnung nach Daten der Stadt Wuppertal 2011c)
- das Abweichen der Merkmale der Befragten von der Grundgesamtheit der Vohwinkeler Bürger (Alter, Geschlecht, Führerscheinbesitz, etc.)
- Fehler bei der Datenübertragung
- Fehler und Unwissenheit beim Ausfüllen der Fragebögen

Eine Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse der Befragung ist also nicht ohne Abstriche möglich. Dennoch zeigt die Auswertung in Anbetracht der zur Verfügung stehenden Datenlage eine Größenordnung für das Verkehrsverhalten der Vohwinkeler auf. Um die Daten auf das werktägliche Verkehrsverhalten der gesamten Vohwinkeler Bevölkerung zu übertragen, werden Mittelwerte berechnet. Als weitere Grundlage dient dann die Einwohnerzahl Vohwinkels aus dem Jahr 2010, die mit den Mittelwerten multipliziert wird.

Das Verkehrsverhalten wird von einer Reihe unabhängiger Variablen bestimmt. Eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse kann durch eine abweichende Ausprägung einer unabhängigen Variablen der Befragten von der Grundgesamtheit aller Vohwinkeler Bürger auftreten. Daher werden in der Tabelle 23 die Ausprägungen zweier Variablen (Altersgruppe, Geschlecht) der Verkehrsbefragung Vohwinkel mit Ausprägungen der Grundgesamtheit Vohwinkel verglichen. Für die Variable Kfz-Führerscheinbesitz liegen keine spezifischen Daten für die Grundgesamtheit Vohwinkel vor. Daher werden die Werte der Verkehrsbefragung Vohwinkel mit den Angaben im Mobilitätspanel 2011 für Deutschland verglichen.

**Tabelle 23: Vergleich verschiedener Merkmale der Verkehrsbefragung Vohwinkel mit unterschiedlichen Grunddaten**

Zugehörigkeit zur Altersgruppe	Verkehrsbefragung Vohwinkel 2011	Daten der Stadt Wuppertal zu Vohwinkel (für 2011)
10 bis 17 Jahre	9 %	9 %
18 bis 65 Jahre	63 %	69 %
Älter als 65 Jahre	25 %	22 %
Keine Angaben	3 %	0 %
Geschlecht	Verkehrsbefragung Vohwinkel 2011	Daten der Stadt Wuppertal zu Vohwinkel (für 2011)
Männlich	48,20 %	48,70 %
Weiblich	50,10 %	51,30 %
Keine Angaben	1,70 %	0 %
KFZ-Führerscheinbesitz von Personen über 17 Jahren	Verkehrsbefragung Vohwinkel 2011	Mobilitätspanel (2011)
Ja	85 %	86,50 %

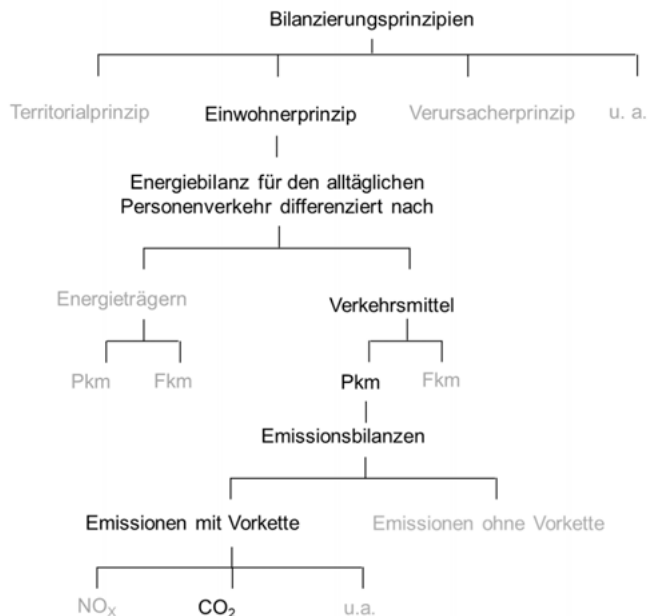
Quelle: eigene Darstellung und teilweise eigene Berechnung nach Daten der Stadt Wuppertal 2011c, Stadt Wuppertal 2012d, Zumkeller et al. 2011

Aus Tabelle 23 wird ersichtlich, dass in der Stichprobe der Verkehrsbefragung Vohwinkel die Altersgruppe der 10 bis unter 18-Jährigen genau dem Anteil in der Grundgesamtheit der Vohwinkeler Bürger entspricht. Die 18 bis 65-Jährigen sind in der Verkehrsbefragung unterrepräsentiert (6 % Differenz zum Anteil in der Grundgesamtheit), während Personen ab 66 Jahren leicht überrepräsentiert sind (3 % Differenz). 3 % der Befragten haben ihr Alter nicht angegeben und können daher keiner Altersgruppe zugeordnet werden. Wird davon ausgegangen, dass ältere Menschen weniger und kürzere Wege zurücklegen, ist es möglich, dass die Wegelänge und -zahl der Vohwinkeler höher ist als in der Stichprobe. Die Ausprägungen der Variable «Geschlecht» stimmen bei der Verkehrsbefragung und der Grundgesamtheit weitgehend überein. Auch bei der Variable «Kfz-Führerscheinbesitz» gibt es eine große Übereinstimmung der Verkehrsbefragung mit den Werten aus dem Mobilitätspanel 2011. Die untersuchten Variablen weisen darauf hin, dass trotz geringer Abweichungen, die Verkehrsbefragung Vohwinkel in sozio-demographischer Sicht mit der Grundgesamtheit der Vohwinkeler Bürger gut übereinstimmt. Auf eine unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Teilnehmer wird daher verzichtet.

#### **Ableitung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Basisjahr 2010 auf Grundlage der Verkehrsbefragung und weiterer Annahmen zum alltäglichen Personenverkehr der Vohwinkeler Bevölkerung**

Für die Energie- und Emissionsbilanzierung müssen zu Beginn der Szenarienerstellung einige grundlegende Entscheidungen über die Vorgehensweise und Abgrenzung getroffen werden. Aus methodischer Sicht gibt es verschiedene Wege, um die Bilanzierung zu erstellen. Wichtige Entscheidungspunkte für den Verkehr sind in Abbildung 31 dargestellt. Die Optionen in schwarzer Schrift werden in der vorliegenden Untersuchung weiter verfolgt.

Wie bereits erwähnt, wird als Bilanzierungsprinzip das Einwohnerprinzip gewählt. Dies ist aufgrund der Datenlage, der Übereinstimmung mit dem Raumwärmebereich, der Zielsetzung zur Bilanzierung pro Kopf und der Passgenauigkeit mit der Variation der Maßnahmen geschehen. Zunächst wird eine Energiebilanz erstellt, die als Basis zur Berechnung der Emissionsbilanz dient. Im Verkehrsbereich besteht die Möglichkeit, die Energiebilanz entweder über die Verkehrsmittel (Kfz, Busse, Bahn etc.) oder über die Energieträger zu berechnen. Für die vorliegenden Szenarien wird die Energiebilanz über die **Verkehrsmittel** und deren jeweiligen mittleren **Energieverbrauch** berechnet. Dabei werden Mittelwerte des Energieverbrauchs der einzelnen Verkehrsmittel angenommen bzw. aus der Literatur entnommen. Es gibt auch den Weg, den Energieverbrauch über die Energieträger (z.B. Diesel, Strom etc.) zu berechnen. Dabei wird aufgrund der Daten zur Flottenzusammensetzung der Energieträgerverbrauch (in Litern oder KWh pro 100 Fahrzeugkilometer) ermittelt und auf MJ umgerechnet.

**Abbildung 31: Auswahl an Alternativen zur Erstellung der Bilanzen für den alltäglichen Personenverkehr**

Quelle: eigene Darstellung

Die Entscheidung für die Berechnung über die Verkehrsmittel wird damit begründet, dass der Fokus der Szenarien auf den Effekten energiesuffizienten Verhaltens liegt und aus Sicht der Verkehrsteilnehmer sowie der zentralen Akteure die Wahl des Verkehrsmittels eine wichtige Rolle dabei spielt. Aufgrund des ausdifferenzierten *transport emission model* (TREMOM (UBA 2016d) liegen zudem solide Werte zu den Verkehrsmitteln für die Jahre 2010 und 2030 vor, die in die Bilanzierung aufgenommen werden. Würde nach Energieträgern bilanziert, ständen Annahmen zur Entwicklung der Energieeffizienz ebenso wie die Flottenzusammensetzung stärker im Zentrum des Erkenntnisinteresses.

Als nächstes ist zu entscheiden, ob die Berechnung über Fahrzeugkilometer (Fkm) oder Personenkilometer (Pkm) erfolgt. Bei der Entscheidung, mit **Personenkilometern** zu kalkulieren, müssen Annahmen zu Besetzungsgraden der Fahrzeuge getroffen werden. Es wird die Berechnung auf Grundlage von Personenkilometern gewählt, da die Abschätzung der quantitativen Effekte der Maßnahmen und Strategien auch auf Ebene der Personen und nicht der Fahrzeuge geschieht. Außerdem liegen die Daten aus dem TREMOD in Pkm vor.

Aus der wie oben beschriebenen Energiebilanz wird die Emissionsbilanz erstellt. Dabei ist es möglich, die **Emissionen mit Vorkette** und ohne Vorkette zu bilanzieren. Der Vorteil der Option mit Vorkette ist, dass alle Emissionen einge-

bunden werden, die mit der Nachfrage nach der jeweiligen Energie(dienst)leistung entstehen: Energiegewinnung, Transport etc. Als Nachteil ist zu sehen, dass gerade für zukünftige Zusammensetzung und Herkunft der Energieträger sehr viele Annahmen getroffen werden müssen (z.B. Wo kommt im Jahr 2050 das Benzin her, welches in Vohwinkel verbraucht wird? Und welche Emissionen entstehen bei der Förderung und dem Transport?). Trotz der genannten Unsicherheiten wird die Emissionsbilanz mit Vorkette gerechnet, da eine möglichst umfassende Abschätzung der Emissionen erfolgen soll und aus der Literatur Emissionswerte mit Vorkette (allerdings nicht Vohwinkel-spezifisch, sondern bundesweit) verwendet werden können.

Bei der Emissionsbilanz besteht die Möglichkeit, verschiedene Arten von Emissionen einzubeziehen. In der vorliegenden Untersuchung werden **CO<sub>2</sub>-Emissionen** ausgewählt, die sowohl im Verkehr als auch bei der Raumwärme die zentrale Rolle unter den klimawirksamen, energiebedingten Emissionen einnehmen.

Einige Annahmen werden für die weitere Berechnung getroffen:

- Das Verkehrsverhalten der befragten Vohwinkeler aus dem Jahr 2011 wird als Basiswert für das Jahr 2010 verwendet, da es keine Zahlen aus dem Jahr 2010 gibt und anzunehmen ist, dass sich das Verkehrsverhalten binnen eines Jahres unwesentlich verändert.
- Aufgrund der Anwendung des Einwohnerprinzips wird die Annahme getroffen, dass die Ergebnisse der Verkehrsbefragung auf alle Vohwinkeler Bürgern übertragen werden, also auch auf die Personen unter 10 Jahren.
- Die Verkehrsbefragung umfasst das werktägliche Verkehrsverhalten der Vohwinkeler. Zum Wochenendverkehr gibt es keine Daten. Um dennoch Aussagen zum Alltagsverhalten der gesamten Woche machen zu können, wird angenommen, dass die durchschnittliche Wegelänge und -zahl auch auf die Wochenenden übertragen werden können. Eine Auswertung des mittleren Verkehrsaufwandes pro Person und Tag zeigt, dass der Aufwand am Wochenende mit 41,16 km um 5 % höher liegt als an Werktagen (39,22 km) (vgl. eigene Berechnung nach Daten Infas/DLR 2010b: 24, 142). Somit wird mit einer konservativen Schätzung des alltäglichen Verkehrsverhaltens gerechnet. Der Vorteil, den alltäglichen Personenverkehr als Grundlage für die Szenarien zu wählen, liegt darin, dass lokalen Gegebenheiten, die von Energiesuffizienz-Maßnahmen modifiziert werden und Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten am Wochenende (z.B. Autofreie Sonntage) haben, in die Szenarienbetrachtung einbezogen werden. Somit wird ein größerer Bereich des Verkehrsverhaltens untersucht.
- Auch die Verteilung von motorisierten und nicht motorisierten Wegen wird auf den gesamten Alltagsverkehr übertragen.

- Durch die Einbeziehung des Wochenendverkehrs kommt es zu einer Verschiebung der Bedeutung der Wegezwecke. Dies ist für die quantitative Abschätzung insofern nicht relevant, da hier keine differenzierte Betrachtung vorgenommen wird.

Im Basisjahr 2010 lag die Einwohnerzahl Vohwinkels bei 30.969 Personen (vgl. Stadt Wuppertal 2014). Es ergibt sich ein alltäglicher Verkehrsaufwand mit motorisierten Verkehrsmitteln für die Vohwinkeler Bürger von knapp 969.329 km pro Tag. Dieser setzt sich zusammen aus der Einwohnerzahl multipliziert mit dem Produkt aus der mittleren Wegelänge und -zahl pro Person und Tag mit motorisierten Verkehrsmitteln (vgl. Berechnung werktätliches Verkehrsverhalten der Vohwinkeler Bürger 2011 im Anhang, Anlage 6, alle genannten Werte sind nach der Berechnung gerundet). Wird mit diesen Werten für den alltäglichen Verkehrsaufwand im Jahr 2010 gerechnet, beträgt der Jahreswert 322.619.944 km. Durchschnittlich 32 Tage wenden die Deutschen pro Jahr für Urlaubsreisen auf (vgl. eigene Berechnung nach Statista 2016a). Das ergibt bei 365 Tagen im Jahr 333 Tagen Alltagsverkehr.

Da in der Verkehrsbefragung für einen Weg die Entfernung nur unterteilt nach einem Hauptverkehrsmittel abgefragt wurde und nicht für jedes Verkehrsmittel die Entfernung auf diesem Weg zu ermitteln ist, wird eine Abschätzung des Energieverbrauchs innerhalb der Bereiche des motorisierten Verkehrs anhand der Auswertung des Model Split nach Verkehrsaufwand der Verkehrsbefragung Wuppertal 2011 vorgenommen und auf Vohwinkel übertragen (vgl. Hoppe/Woschei 2012: 24).

**Tabelle 24: Annahmen zum Modal Split und Jahresverkehrsaufwand (Alltagsverkehr) der Vohwinkeler Bevölkerung im Basisjahr 2010**

Hauptverkehrsmittel (% Anteil in Vohwinkel)	Verkehrsmittel	Anteil am Modal Split nach Verkehrsaufwand in Wuppertal (%)	Anteil am Modal Split nach Verkehrsaufwand in Vohwinkel (%)	Jahresverkehrsaufwand (Alltagsverkehr) der Vohwinkeler Bevölkerung
MIV (65,1)	Pkw (Selbst- und Mitfahrer)	72,7	64,4	213.222.979
	Motorisiertes Zweirad	0,8	0,7	2.345.319
ÖV (32,3)	Bus	7,1	9,7	32.206.207
	Schwebebahn	2,9	4,0	13.154.648
	Bahn	13,5	18,5	61.237.155
	Taxi	0,1	0,1	453.609
Fuß (2,1)	Fuß	2,1	2,1	7.093.352
Rad (0,4)	Rad	0,8	0,4	1.366.565
Gesamt		100	100	331.079.835

Quelle: eigene Darstellung nach Daten Hoppe/Woschei: 24, eigene Berechnung des Jahresverkehrsaufwandes (Alltagsverkehr) pro Verkehrsmittel für Vohwinkel



Innerhalb der beiden Hauptverkehrsmittel MIV und ÖV wurden also die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel von Wuppertal auch für Vohwinkel angenommen. Für den Fuß- und Radverkehr wurden die Vohwinkeler Anteile aus der Verkehrsbefragung verwendet (vgl. Tabelle 24).

Der Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden auf der Grundlage der Daten vom TREMOD 5.53 ermittelt (Tabelle 25). Da 98,7 % der Wege unter 50 km lang sind, werden im Bereich Bus und Bahn die Daten der Nahverkehrsmittel herangezogen.

**Tabelle 25: Megajoule und CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personenkilometer nach verschiedenen Verkehrsmitteln im Jahr 2010**

	Motorrad	Pkw/Taxi	(Linien-)Bus	Schienen-nahverkehr	Stadtbahn (Schwebebahn)	
2010	1,4	siehe Anhang, Anlage 12	1,1	1,3	1,1	MJ/ Pkm
	97,0	siehe Anhang, Anlage 12	76,8	74,2	17	CO <sub>2</sub> g/Pkm

Quelle: eigene Darstellung nach Daten von UBA 2016d (TREMOD) (gerundete Werte) außer CO<sub>2</sub>g/Pkm für die Schwebebahn: Waluga 2017 nach WSW 2012; Annahmen zum Besetzungsgrad TREMOD (UBA 2016d)

Der Energieverbrauch der Vohwinkeler Bevölkerung für den Bereich alltäglicher Personenverkehr lag im Basisjahr 2010 bei 157 GWh bzw. 565.862.426 MJ, was pro Person 5,08 MWh/a bedeutet. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des motorisierten Alltagsverkehrs beliefen sich auf 37.802 t (vgl. Tabelle 26). Das sind 1,22 t CO<sub>2</sub> pro Person.

**Tabelle 26: Alltäglicher Personenverkehr: Basisjahr 2010 Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen in Vohwinkel**

2010	Motorrad	Pkw/Taxi	(Linien-) Bus	Schienen-nahverkehr	Stadtbahn (Schwebebahn)	Verkehrsmittel gesamt
MJ* (Vohwinkel)	3.216.300	434.547.902	36.412.048	77.462.589	14.222.587	565.861.426
t/ CO <sub>2</sub> /a* (Vohwinkel)	228	30.331	2.474	4.546	224	37.802

\* gerundete Werte

Quelle: eigene Berechnung auf Basis des Jahresverkehrsaufwandes (Pkm) der Vohwinkeler Bevölkerung nach Verkehrsmitteln x MJ pro Pkm nach Verkehrsmitteln; Annahmen zum Besetzungsgrad: TREMOD (UBA 2016d)

**Das Startjahr 1990:****Die Datenlage:**

Über das alltägliche Verkehrsverhalten, die daraus resultierende Endenergienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkel Bürger liegen für das Jahr 1990 keine spezifischen Daten vor. Daher werden die Pro-Kopf Werte der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Personenverkehr aus Wuppertal für dieses Jahr als eine der Grundlagen genommen (vgl. Anhang, Anlage 7). Datenbasis hier bildet die Auswertung ECOSPEED EcoRegion, die die Stadt Wuppertal durchführt (vgl. Stadt Wuppertal 2015). Zu beachten ist, dass es sich auf Stadtebene um den gesamten Personenverkehr handelt. Daten für das alltägliche Verkehrsverhalten sind auf Stadtebene ebenfalls nicht vorhanden.

Würden nun die Pro-Kopf Werte der ECOSPEED EcoRegion Daten der Stadt Wuppertal direkt auf Vohwinkel übertragen und als Ausgangslage für die Szenarien dienen, müssen Annahmen getroffen werden, um die Anteile der Urlaubsreisen aus den Daten zum Personenverkehr von 1990 heraus zu rechnen. Der Anteil der Urlaubsreisen am Personenverkehrsaufwand pro Person und Jahr beträgt ca. 26 % (vgl. Tabelle 22). Allerdings dominieren hier sehr energieintensive und motorisierte Verkehrsmittel wie Pkw und Flugzeuge (vgl. Grimm/Schmücker 2015: 94 ff.). Vom Personenverkehrsaufwand kann daher nicht ohne weiteres auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen geschlossen werden. Der pauschale Abzug des Urlaubsverkehrs mit 26 % von der Endenergienachfrage und den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist somit nicht ratsam.

Da Daten zum Verkehrsaufwand weder für Vohwinkel noch für Wuppertal aus dem Jahr 1990 vorliegen, stehen nur die Energie- und CO<sub>2</sub>-Daten des Berechnungstools ECOSPEED EcoRegion zur Verfügung. Die absoluten Pro-Kopf Werte werden dabei, wie oben begründet, nicht betrachtet. Zur Berechnung der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bevölkerung für das Jahr 1990 werden vielmehr die Prozentanteile, um die die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf in Wuppertal zwischen 2009 und 1990 zugenommen haben, auf Vohwinkel übertragen. Der Prozentwert wird berechnet und zu den Pro-Kopf Werten, die sich aus der Verkehrsbefragung für Vohwinkel ergeben, hinzuaddiert. Um die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen für alle Vohwinkeler Bürger zu berechnen, werden die Pro-Kopf Werte mit der Einwohnerzahl im Jahr 1990 multipliziert.

In Tabelle 27 ist dargestellt, welche Werte sich beim Alltagsverkehr in Vohwinkel für das Startjahr 1990 ergeben, wenn die prozentuale Veränderung der Daten aus der Auswertung mit ECOSPEED EcoRegion zum Personenverkehr auf Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen angerechnet werden. Angenommen wird hierbei, dass es bei beiden Auswertungskategorien keine Veränderung der Anteile von Alltagsverkehr und Urlaubsreisen gibt. Mangels Datenverfügbarkeit wird die prozentuale Veränderung der Pro-Kopf Werte zwischen 2009 und 1990 im Personenverkehr

in Wuppertal auf den alltäglichen Personenverkehr in Vohwinkel übertragen. Die Daten für 2010 stammen aus der für Vohwinkel ausgewerteten Verkehrsbefragung 2011 in Wuppertal (vgl. Anhang, Anlage 9).

**Tabelle 27: Alltagsverkehr: Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen in 1990 und 2010 für Vohwinkel**

	Alltäglicher Personenverkehr			
	Vohwinkel/a		Pro Kopf/a	
	Endenergienachfrage (GWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)	Endenergienachfrage (MWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)
1990	171	41.240	5,11	123
2010	157	37.802	5,08	1,22
			Zunahme von 2010 bis 1990 um 0,7 %	Zunahme von 2010 bis 1990 um 1,2 %

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung von Daten der Stadt Wuppertal 2011c (Verkehrsbefragung 2011) und Stadt Wuppertal 2015 (für die Zunahme von 2010 bis 1990)

### 7.1.2 Raumwärme privater Haushalte: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für das Basisjahr 2010 und der Startjahr 1990 in Vohwinkel

#### Das Basisjahr 2010:

##### Die Datenlage

Datengrundlage für die Darstellung der Ausgangssituation der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürger ist der Wärmeatlas der Wuppertaler Stadtwerte aus dem Jahr 2010 zur Heizenergienachfrage. Dieser wurde von der Autorin gesondert für die Adressen in Vohwinkel ausgewertet (siehe Anhang, Anlage 10).

Aufgrund einiger Datenlücken und unplausibler Daten wurde eine Datenbereinigung durchgeführt. Die Beschreibung der genauen Vorgehensweise dazu befindet sich im Anhang, Anlage 11. Es handelt sich bei den Raumwärmeszenarien um die Energieverbrauchswerte privater Haushalte, wobei von den Heizenergiewerten pauschal ein Anteil von 11 % für Warmwasser abgezogen wurde. Dadurch wurden die Daten auf den Energieverbrauch für Raumwärme reduziert. Darüber hinaus wurden die Werte witterungsbereinigt. Zudem wurde eine Umrechnung von Endenergie auf Nutzenergie je nach Wirkungsgrad des Energieträgers der Heizungsanlage vorgenommen.

Für die Vohwinkeler Szenarien werden die Häuser einbezogen, die in einer Vohwinkeler Verkehrszelle liegen und eine Wohnfläche ausweisen. Da die Raumwärmefachfrage stationär erfolgt, wird somit die Energienachfrage der in Vohwinkel ansässigen Bevölkerung einbezogen. Das entspricht dem Einwohnerprinzip als Bilanzierungsmethode aus der Verkehrsanalyse mit der Einschränkung, dass die Energienachfrage nicht mit aufgenommen wird, die von Vohwinkeler Bürgern im

privaten Bereich in einer anderen Stadt verursacht werden (z.B. aufgrund eines Zweitwohnsitzes).

Die Raumwärmenachfrage im Basisjahr der Szenarien 2010 wird über die Auswertung des Wärmeatlas der WSW zur Energienachfrage privater Haushalte in Vohwinkel abgebildet (siehe Anhang, Anlage 10). Bei der Datengrundlage handelt es sich um eine Vollerhebung, die die tatsächliche Nachfrage der Vohwinkeler Privathaushalte darstellt. Dennoch muss auch hier mit einigen Unzulänglichkeiten der Datenlage und Analysemöglichkeit umgegangen werden (siehe Anhang, Anlage 11). Zu den Unzulänglichkeiten der Datenlage zählen:

- Lückenhafte Daten (z.B. keine Daten zur Anzahl der Haushalte, zum Verbrauch etc.)
- Unplausible Daten (zur Einwohnerzahl, Zahl der Haushalte, Verbrauch) wie zum Beispiel Messfehler oder Datenübertragungsfehler
- Anpassungsnotwendigkeit der Daten an die Anforderungen für die Szenarienerstellung (Umrechnung auf Nutzenergie, Witterungsbereinigung, Reduzierung der Heizenergiedaten auf Raumwärme, Annahmen zum Leerstand von Wohneinheiten, Annahmen zum Anteil der Wohnfläche bei gemischt genutzten Gebäuden)

Ein Vergleich der WSW-Daten zur Anzahl der Einwohner, Haushalte und Wohngebäude mit Daten der Stadt Wuppertal zeigt, dass die Abweichungen im niedrigen einstelligen Prozentbereich liegen: der Unterschied bei den Haushalten beträgt 1,8 %, bei der Einwohnerzahl 0,6 %, bei den Wohnhäusern 2 %. Die WSW-Daten bilden somit, was die städtischen Kerndaten angeht, die Datenlage, die die Stadt Wuppertal veröffentlicht, gut ab.

### **Ableitung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Basisjahr 2010 auf Grundlage der Raumwärmedaten der WSW**

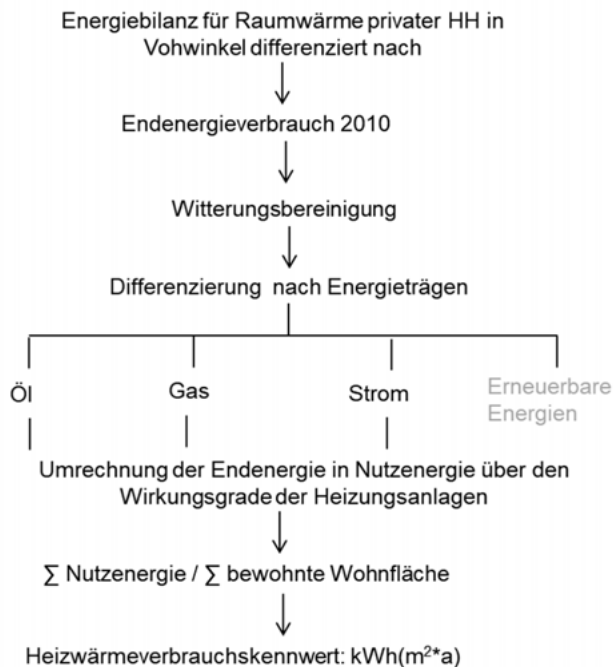
Anders als bei der Verkehrsbefragung der Stadt Wuppertal 2011 liegen beim Wärmeatlas der WSW Energienachfragezahlen direkt für Vohwinkel vor. Wie im Anhang, Anlage 11 beschrieben, wurden diese zur Analyse und weiteren Verwendung für die Szenarien bereinigt.

Für die Erstellung der Energiebilanz für das Basisjahr 2010 gibt es im Raumwärmebereich zwei verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann mit Energiebedarfswerten gerechnet werden. Das sind die Werte, die theoretisch aufgrund der energetischen Eigenschaften des Gebäudes (Zustand der Gebäudehülle und Heizungstechnik) zum Raumwärmebedarf angenommen werden können. Diese Werte geben keine Auskunft über das tatsächliche Heizverhalten der Bewohner. Zum anderen kann mit den **Energieverbrauchswerten** gerechnet werden. Im vorliegenden Fall wurden die Verbrauchswerte als Grundlage genommen, da zum einen hier das

Heizverhalten der Vohwinkeler berücksichtigt ist, das im Energiesuffizienzbereich eine wichtige Rolle spielt. Zum anderen ist die Datenverfügbarkeit durch den Wärmeatlas (mit den genannten Einschränkungen) gegeben. Ein Vergleich empirischer Studien hat gezeigt, dass zwischen den Bedarfs- und Verbrauchswerten im Allgemeinen der Verbrauchswert bei älteren Gebäuden unterhalb des theoretischen Bedarfswertes liegt, während bei Neubauten oder Sanierungen mit hoher Sanierungstiefe der Verbrauchswert über dem Bedarfswert liegt. Diskutiert wird im zweiten Fall, dass hier der Rebound-Effekt eintritt (vgl. Kapitel 2.6.3 Suffizienz und Raumwärme).

Das weitere Vorgehen bei der Erstellung der Energiebilanz für das Basisjahr 2010 ist in Abbildung 32 dargestellt. Die zwischenzeitliche Umrechnung von Endenergie zu Nutzenergie wird vorgenommen, da bei der Fortschreibung in der Regel mit Heizwärmeverbrauchs(kenn)werten gerechnet wird, die dem angenommenen Nutzenergieverbrauch entsprechen (vgl. z.B. Kirchner et al. 2009: 58; Schlesinger et al. 2014).

**Abbildung 32: Raumwärme: Schritte zur Energiebilanz für das Jahr 2010**



Quelle: eigene Darstellung

Nach Analyse des Wärmeatlas der WSW lag der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der Vohwinkeler Bevölkerung für den Bereich privater Haushalte im Jahr 2010 bei 155 GWh. Ausgehend von der Einwohnerzahl Vohwinkels von

30.969 (vgl. Stadt Wuppertal 2014) betrug die Energienachfrage pro Kopf 5,0 MWh pro Jahr. In Tabelle 28 ist dargestellt, wie viele Gigawattstunden jeder Energieträger zum Gesamtverbrauch beiträgt. Zudem sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen für Raumwärmenachfrage privater Haushalte in Vohwinkel angegeben.

**Tabelle 28: Raumwärme: Basisjahr 2010 Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen in Vohwinkel**

2010	Gas	Öl	Strom	Gesamt
Endenergie (GWh/a) (witterungsbereinigt)	70	79	6	155
CO <sub>2</sub> -Emissionen (witterungsbereinigt)	15.791	25.371	3.371	44.533

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung nach Daten WSW 2011 und LCA Faktoren Ecospeed ECORegion 2014, Strom: BMU 2009

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2010 für den Bereich Raumwärme privater Haushalte betragen 44.533 t. Pro Kopf bedeutet dies einen Wert von 1,44 t CO<sub>2</sub>.

Tabelle 29 zeigt die LCA-Emissionsfaktoren für die in Vohwinkel laut Wärmetlas verwendeten Energieträger.

**Tabelle 29: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren (mit Vorkette) für ausgewählte Energieträger in 2010**

2010	Erdgas	Heizöl	Heizstrom
g CO <sub>2</sub> pro kWh	228	320	555

Quelle: eigene Darstellung nach Daten von Ecospeed EcoRegion 2014 (Erdgas und Heizöl) BMU 2009 (Strom)

### Das Startjahr 1990:

Da für Vohwinkel keine spezifischen Energie- und CO<sub>2</sub>-Werte im Bereich Raumwärme privater Haushalte für das Jahr 1990 zur Verfügung stehen, werden auch in diesem Fall analog zum Verkehrsbereich Werte aus den bisherigen Auswertungen für das Startjahr der Szenarien hergeleitet. Grundlage bilden wieder die Vohwinkel-spezifischen Werte für Jahr 2010 aus der Auswertung des Wärmetlas. Um die Veränderung zwischen 1990 und 2010 zu bestimmen, dienen abermals die prozentualen Veränderungswerte pro Kopf der ECOSPEED EcoRegion aus der Auswertung für Wuppertal (vgl. Anhang, Anlage 3). Aus diesen Werten werden die Daten für Vohwinkel im Jahr 1990 errechnet (Tabelle 30).

174 GWh wurden im Jahr 1990 für Raumwärme aufgewendet. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Vohwinkel betragen 51.451 t. Berechnet werden sie über die Pro-Kopf Werte und die gesamte Einwohnerzahl von 33.401 Personen für Vohwinkel im Jahr 1990. Diese Daten gehen als Startwerte in die weiteren Szenarienrechnungen ein.

**Tabelle 30: Raumwärmenachfrage privater Haushalte in Vohwinkel in den Jahren 1990 und 2010**

	Raumwärme privater Haushalte			
	Vohwinkel/a		Pro Kopf/a	
	Endenergienachfrage (GWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)	Endenergienachfrage (MWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)
1990	174	51.451	5,2	1,54
2010	155	44.533	5,0	1,44
			Zunahme von 2010 bis 1990 um 4,6 %	Zunahme von 2010 bis 1990 um 7,1 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung auf Grundlage der Auswertung des Wärmeatlases 2010 der WSW 2011 (Endenergienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen 2010) und Stadt Wuppertal 2016c (Zunahme von 2010 bis 1990 pro Person); gerundete Werte

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf in Vohwinkel für Raumwärme liegen mit 1,54 t CO<sub>2</sub> für 1990 und 1,44 t CO<sub>2</sub> für 2010 trotz der unterschiedlichen Datengrundlage nur leicht unter den Wuppertal-weiten Werten (1990=1,59 t CO<sub>2</sub> und 2010=1,49 t) berechnet mit ECOSPEED EcoRegion Daten (vgl. Anhang, Anlage 3). Die Endenergienachfrage pro Kopf liegt in Vohwinkel (1990=5,2 MWh und 2010=5,0 MWh) ebenfalls leicht unterhalb der Werte für Wuppertal (1990=5,8 MWh und 2010=5,5 MWh).

## 7.2 Annahmen zur Entwicklung allgemeiner Rahmenbedingungen

Rahmenbedingungen bzw. externe Treiber sind nicht oder nur in sehr geringem Umfang auf lokaler Ebene zu steuern. Sie haben aber Einfluss auf die Entwicklung der Indikatoren, die energiesuffizientes Verhalten messen. Da in der vorliegenden Arbeit Strategien und Maßnahmen auf lokaler Ebene untersucht werden, wird die Ausprägung dieser Rahmenbedingungen in allen Szenarien gleich gehalten. Einzige Ausnahme bildet die Sensitivitätsanalyse zur Bevölkerungsentwicklung.

Aus den Gesprächen mit Vohwinkeler bzw. Wuppertaler Akteuren (Akteursgespräche und explorative Interviews) wurden erste Überlegungen zu den zentralen Rahmenbedingungen und ihren Auswirkungen auf die Bereiche Raumwärme und Personenverkehr angestellt. Im Akteursworkshop wurden sie anschließend mit den Akteuren diskutiert, auf Plausibilität geprüft und festgelegt. Dabei ist allerdings zu betonen, dass es durchaus einzelne, abweichende Meinungen zur Entwicklung der externen Rahmenbedingungen gab. Schließlich haben aber alle Workshopteilnehmer zugestimmt, dass die vorliegenden Ausprägungen für die weitere Untersuchung als ein **mögliches und plausibles Annahmenset** festgelegt werden. Sie stellen nur eine von vielen Kombinationsmöglichkeiten dar. Die hier gewählten Annahmen zur Ausprägung der allgemeinen Rahmenbedingungen bildet den Rahmen des «Was

wäre wenn...?»-Settings und beruhen auf der Einschätzung der Akteure zu Beginn der 2010er-Jahre.

Tabelle 31 stellt die Ausprägung des externen Treibers «Demographische Veränderungen» und seine qualitativen Auswirkungen auf den Personenverkehr und die Nachfrage nach Raumwärme dar. Aufgrund der hohen Bedeutung dieses Treibers und seiner verschiedenen Unterkategorien wird hier eine differenziertere Betrachtung vorgenommen.

**Tabelle 31: Qualitative Wirkungen des externen Treibers "Demographische Veränderungen»**

	Personenverkehr	Raumwärme
Abnahme der Einwohnerzahl	a) Absolute Reduktion des Verkehrsaufwandes; b) Ausdünnung des ÖPNV → Autoorientierung steigt auf längeren Strecken, Potenzial für Fahrrad; Disperse Bevölkerungsverteilung im Raum → Zunahme der mittleren Wegezähl und -länge mit motorisierten Verkehrsmitteln (VM)	Bei Abnahme der Zahl der HH → Reduktion absoluter Nachfragemenge nach Energie, da Rückgang an bewohnten WE; Disperser Leerstand → steigende Raumwärmenachfrage durch Wärmeverlust in MFH
Zunahme der Personen ab 66 Jahre	erhöhte Mobilität der Senioren: der Anteil des Freizeitverkehrs nimmt an Bedeutung zu; Zunahme des Führerschein- und Autobesitzes → Zunahme der mittleren Wegezähl und -länge mit motorisierten VM; dennoch sind Senioren im Durchschnitt weniger häufig und lange unterwegs als die Bevölkerung zwischen 18 und 65 J. → Abnahme der mittleren Wegezähl und -länge mit MV	Mehr 1- und 2 Personen-HH, hohe Verweildauer in der Wohnung, Anstieg der m <sup>2</sup> pro Person, längere Aufenthaltsdauer in der Wohnung pro Tag → Anstieg der Raumwärmenachfrage
Abnahme der Zahl der Kinder und Jugendlichen	Anteil der Schul- und Ausbildungswege nimmt ab; Ausdünnung der Schullandschaft → Zunahme der mittleren Wegelänge → Fahrrad- und Fußanteil nimmt ab, Anteil mit motorisierten VM nimmt zu	Durchschnittsgröße der HH verkleinert sich → Nachfrage nach kleinen Wohnungen steigt oder Anstieg der m <sup>2</sup> pro Person
Abnahme der Bevölkerung zwischen 18 und 65 Jahre	Abnahme der Anteile des Arbeitsverkehrs und der dienstlichen Fahrten → Abnahme der Wege und Entfernungen mit MV	a) Abnahme der Anzahl der HH b) Anstieg der m <sup>2</sup> pro Person

Quelle: eigene Darstellung nach Auswertung der Akteursgespräche und des Akteursworkshops

Die Diskussion der Auswirkungen auf den Personenverkehr und die Raumwärme zeigen, dass die demographischen Veränderungen sowohl zu einer Zunahme als auch zur Abnahme des motorisierten Verkehrs führen. Ebenso hat der demographische Wandel im Raumwärmebereich unterschiedliche Auswirkungen auf die Nach-



frage nach Heizenergie. Es wird angenommen, dass durch den starken Einwohnerückgang die Nachfrage nach Energiedienstleistungen in beiden Sektoren bis 2050 insgesamt betrachtet sinken wird. Die einzelnen demographischen Veränderungen bewirken im Raumwärmebereich eher eine Nachfragesteigerung pro Kopf. Im Personenverkehrsbereich überlagern sich mehrere Trends.

Auch die Diskussion weiterer externer Treiber (zentraler Rahmenbedingungen) und ihrer Entwicklungen (vgl. Tabelle 32) zeigen, dass die Auswirkungen auf die Nachfrage nach Energie(dienst)leistungen zu unterschiedlichen Effekten führen.

**Tabelle 32: Entwicklung zentraler Rahmenbedingungen in Vohwinkel**

Rahmenbedingungen	Personenverkehr	Raumwärme
(Moderater) Anstieg der Energiepreise	Anstieg der Kraftstoffpreise → Autofahren wird im Vergleich zu nicht motor. VM teurer → teilweise Umstieg auf nicht motor. VM → Abnahme der mittleren Wegzahl mit MV	Energiearmut nimmt zu
Einkommen stagnieren	Anteil der Ausgaben für Verkehr am Einkommen steigen; Effizienz- und Konsistenzmaßnahmen werden schwerer zu finanzieren sein	Anteil der Ausgaben für Raumwärme am Einkommen steigen, Effizienz- und Konsistenzmaßnahmen werden schwerer zu finanzieren sein
Wunsch und Anspruch in Bezug auf Individualität und Selbstbestimmung bleiben bestehen	MIV bleibt für viele attraktiv und z.T. notwendig, um lange Strecken zurück zu legen oder periphere Gegenden zu erreichen → Zunahme der mittleren Weglänge mit MV	Wunsch nach Verbleib im eigenen Haus/in der Wohnung bleibt im Alter bestehen → bei Verkleinerung der HH-Größe steigt die Raumwärmenachfrage pro Person
Wirtschaftliche Stagnation setzt sich fort und Verlust an Arbeitsplätzen	bei Arbeitslosigkeit → Abnahme der Wegzahl mit MV; bei neuem Arbeitsplatz in anderer Stadt → Zunahme der mittleren Weglänge mit MV	Wegzug der Bevölkerung; Effekte siehe Abnahme der Bevölkerungszahl (siehe vorherige Tabelle)
Kommunale Finanzlage weiterhin schwierig	Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur fallen schwer. Subventionierung des ÖPNV in Frage gestellt; Wegfall sozialer Infrastruktur → Zunahme der mittleren Weglänge mit MV	Investitionen in die Energieinfrastruktur fallen schwer → Anpassung an veränderte Bedingungen fallen schwer, keine direkte Auswirkung auf Raumwärmenachfrage privater HH
Zunahme von extremen Wetterereignissen	Hitze und Starkregen fördern Nachfrage nach MV (Klimaanlage, Schutz vor Regen)	Zunahme der Nachfrage nach Raumkühlung in Hitzeperioden
Temperaturzunahme besonders im Winter	Weniger Schnee und Glatteis → nicht-motorisierten Verkehr wird indirekt gefördert	Warme Winter → Senkung der Nachfrage nach Heizenergie für Raumwärme

Quelle: eigene Darstellung nach Auswertung der Akteursgespräche und des Akteursworkshops

Insgesamt überwiegen im Bereich des Personenverkehrs die Effekte, die zu einer Zunahme der mittleren Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln führen. Ziel dieser qualitativen Betrachtung der Rahmenbedingungen ist es, eine Argumentationsgrundlage für die quantitativen und qualitativen Szenarien zu schaffen. Sie dient insbesondere der Entscheidungsfindung für bestimmte Annahmen im Referenzszenario.

## 7.3 Referenz-Szenario

Das **Referenz-Szenario** beruht auf einer Fortschreibung der aktuellen Entwicklungen und Trends, wie sie in der Literatur und aus den Gesprächen mit Experten und Akteuren abgeleitet werden. Grundlage für den quantitativen Trend bilden Szenariostudien auf Bundesebene, die bei Bedarf an die lokalen Gegebenheiten in Vohwinkel angepasst werden (z.B. Sanierungsrate). Der Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Bereichen Raumwärme privater Haushalte und alltäglicher Personenverkehr werden von Annahmen zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien und Energieeffizienz bis 2050 geprägt. Energiesuffizienz spielt, entsprechend der Einschätzung der Ist-Situation und der Experten und Akteure zum «Weiter wie bisher»-Verlauf, im Referenz-Szenario keine Rolle. Der Zweck dieses Szenariopfades besteht darin, eine Vergleichsbasis für die beiden Energiesuffizienzpfade zu schaffen.

### 7.3.1 Referenz-Szenario: Qualitatives Bild

Das qualitative Bild von Vohwinkel im Jahr 2050 besteht im Wesentlichen aus zwei Bausteinen. Zum einen wird ein fiktives Interview mit der Bezirksbürgermeisterin von Vohwinkel im Jahr 2050 geführt, die die Veränderungen der vergangenen vier Jahrzehnte Revue passieren lässt. Zum anderen zeigen Karten die räumlich-strukturelle Situation im Jahr 2050. Das qualitative Bild dient der Veranschaulichung und Verortung der Annahmen zur zukünftigen Entwicklung.

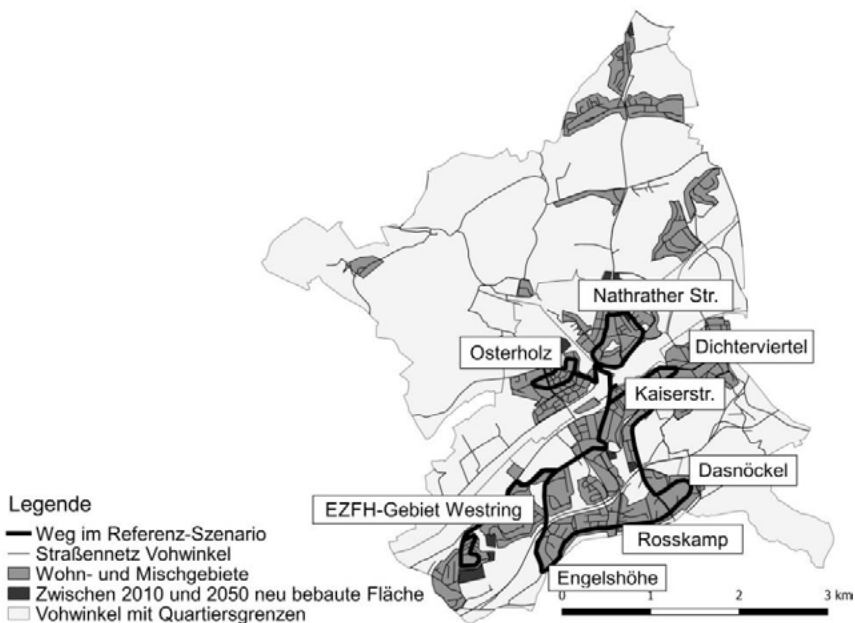
**Reporter:** Guten Tag, Frau Meier. Vielen Dank, dass Sie sich heute, am 27.5.2050, Zeit für ein Gespräch und eine Besichtigungstour durch Vohwinkel mit mir nehmen. Vor 200 Jahren begann mit der Eröffnung des Bahnhofs Vohwinkel die Entstehung der Siedlung. Das möchten wir als Anlass nehmen, um über die Entwicklung Vohwinkels in den vergangenen Jahrzehnten zu sprechen. Welche Veränderungen gab es im westlichsten Stadtbezirk Wuppertals in den letzten 30 bis 40 Jahren?

**Frau Meier:** Herzlich Willkommen im Vohwinkeler Bahnhof! Damit wir unsere Tour (vgl. Abbildung 33) direkt starten, lassen Sie uns doch schon mal zum Park & Ride (P&R)-Parkplatz laufen. Währenddessen erzähle ich Ihnen etwas über die

Entwicklung der letzten Jahrzehnte. Auf dem Parkplatz steht mein Wagen, mit dem wir unsere Fahrt durch Vohwinkel unternehmen. Leider wurde im vergangenen Jahr wieder eine Buslinie eingestellt. Mit dem Pkw sind wir flexibler und können dort einen Stopp einlegen, wo wir möchten.

Schauen wir zunächst auf die Einwohnerzahlen. Während die Zahl der Bürger zwischen 1850 und Anfang der 1990er-Jahre stetig angestiegen ist, setzte seit den 1990er-Jahren ein Rückgang der Bevölkerung um knapp 28 % ein. Das ist für einen schrumpfenden Stadtteil eine mittlere Rate. Doch unsere Siedlungs- und Verkehrsfläche hat leicht zugenommen. Das liegt daran, dass Grundstückseigentümer und Bauträger oft am Rand bauen wollen. Und auch die Wirtschaftsförderung möchte Flächen dort ausschreiben lassen, wo Investoren sich gerne ansiedeln (GP 4<sup>8</sup>). Die Lokalpolitik muss die Flächenausweitung natürlich mitgehen. Es möchte ja niemand dafür verantwortlich sein, dass wir noch weniger Einwohner oder Arbeitsplätze haben (GP 4,5,13,14,15).

**Abbildung 33: Darstellung der zurückgelegten Strecke im Referenz-Szenario**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

**Reporter:** Nehmen wir mal den Verkehr als Beispiel. Wie hat sich der demographische Wandel dort ausgewirkt?

<sup>8</sup> Der Hinweis «GP 4» bezeichnet den lokalen Gesprächspartner 4, der den zuvor aufgeführten Sachverhalt in seinem Gespräch angesprochen hat.

**Frau Meier:** Aufgrund der Verschiebung der Altersstruktur hat die Zahl der Wege für Arbeiten, dienstliche/geschäftliche Wege, Schule und Ausbildungen, Bringen und Holen abgenommen. Angestiegen sind hingegen die Freizeitwege (vgl. Erhard et al. 2014: 18). Allerdings werden gerade ältere Leute von der Topographie abgeschreckt (GP 15). Die Talachse und hier besonders Vohwinkel-Mitte ist zu einem Problemviertel geworden. Das sehen wir gleich, wenn wir über die Kaiserstraße fahren. Die Mittelschicht hat sich verstärkt in Osterholz, Tesche und in Teilen vom Westring angesiedelt (GP 12). Dort gibt es leider aufgrund der Ausdünnung des Einzelhandels kaum noch Einkaufsmöglichkeiten (GP 5,9,10,13). Die Senioren, die es sich leisten können, erledigen vieles mit dem Pkw, aber das geht bei der Mehrheit nicht. Wir haben seit je her in Vohwinkel Wert auf Autoorientierung gelegt (GP 4,10,12).

Hier steht mein Wagen. Bitte steigen Sie ein. Wir biegen nun rechts ab auf die Bahnstraße und beginnen unsere Tour durch die zentrumsnahen Gebiete in Tesche. Dort hat sich in der Vergangenheit einiges getan. Bereits zur Jahrtausendwende wurde die Bebauung aufgelockert: Die lokalen Wohnungsunternehmen haben in die Sanierung und Aufwertung investiert (GP 8,15). In Tesche gibt es nach wie vor einen Supermarkt und einen Multifunktionsladen. Natürlich stehen auch hier Wohnungen leer, aber das sind meist unsanierte Wohneinheiten.

**Abbildung 34: Straßenzug in Vohwinkel-Mitte und monostrukturiertes Wohnviertel in Tesche**



Quelle: eigene Aufnahme

Wir biegen jetzt rechts ab in die Nathrather Straße und fahren sie entlang, bis wir in einer Runde wieder auf die Bahnhofstraße gelangen. So, hier staut es sich schon, da der Kindergarten und die Grundschule gerade Schluss haben. Dann kommen die Eltern aus Mitte, vom Westring und Osterholz, um ihre Kinder abzuholen. Seitdem wir nur noch vier Grundschulen haben und einige Kindergärten geschlossen wurden, werden die Kinder von den Eltern mit dem Auto hier her gebracht und abgeholt. Viele Familien fahren ihre Kinder auch nach Schöller-Dornap, ganz im Norden von Vohwinkel. Die Grundschule ist sehr beliebt und die Wege-länge ist bei der Schulwahl schon lange kein Kriterium mehr (GP 2,3,7,8,9,10,13).

**Reporter:** Was zeichnet Vohwinkel als Stadtbezirk aus?

**Frau Meier:** In Vohwinkel gibt es schon seit langer Zeit ein großes bürger-schaftliches Engagement. So wurde mal ein Hallenbad von einem Bürgerverein für ein paar Jahre weitergeführt, bevor es endgültig geschlossen wurde. Es gab das Projekt «Grüne Meile», das sich einige Jahre für eine Aufwertung des Freizeitangebo-tes und nachhaltige Naturprojekte eingesetzt hat (GP 6). Leider wurden beide Akti-vitäten bald eingestellt bzw. sehr zurückgefahren. Noch heute gibt es einige Sport-vereine, Chöre und Musikgruppen. Das Engagement von Seiten der Bürgerschaft ist auch notwendig, da die Stadt Wuppertal kaum Geld für soziale oder stadtstrukturel-le Projekte aufbringen kann (GP 10,11). Vohwinkel besitzt zudem viele Grünflä-chen und attraktive nähräumliche Freizeitangebote (GP 9,13).

Wir biegen nun rechts nach Osterholz und fahren eine Runde durch das Wohn-gebiet. Hier leben viele Familien und es gibt eine Mischung aus Ein- und Zweifami-lienhäusern, Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern, wobei wir mittlerweile über-all viele Einpersonenhaushalte haben. Die Wohndauer in den Häusern ist schon sehr hoch. Wer es sich im Alter leisten kann, engagiert eine ambulante Pflege, um mög-lichst lange im eigenen Haus wohnen zu bleiben (Diskussion Akteursworkshop, GP 5,7). Dadurch hat sich die durchschnittlich bewohnte und beheizte Quadratmeter-zahl seit dem zweiten Weltkrieg beständig erhöht. Die Individualisierung ist schon weit fortgeschritten, aber durch Informations- und Telekommunikationstechnolo-gien bleiben die Leute virtuell in Kontakt, wenn das Autofahren gar nicht mehr klappt. Osterholz ist mittlerweile ein reines Wohngebiet. Schulen, Kindergärten o-der auch Einzelhandel sowie Ärzte und Apotheken gibt es hier nicht (vgl. Abbil-dung 25).

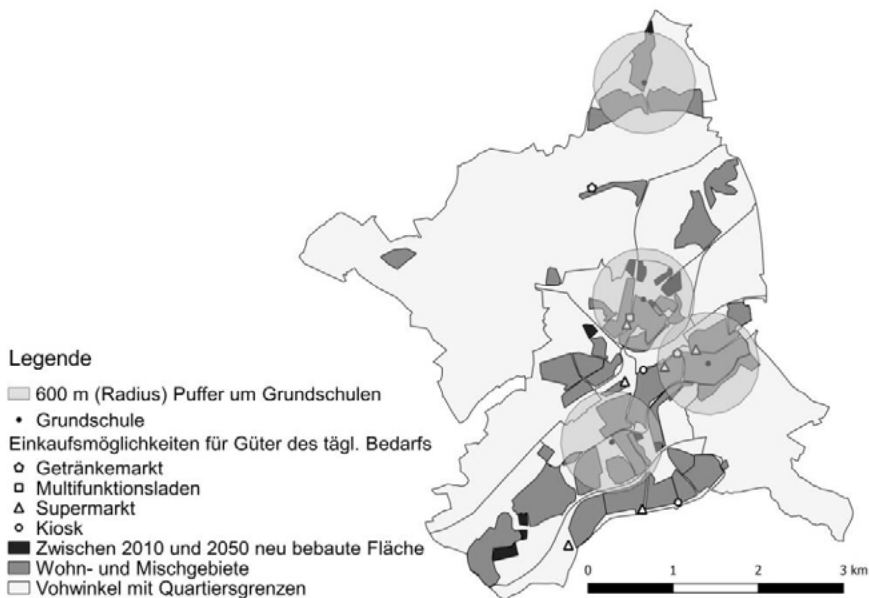
**Reporter:** Viele der Häuser scheinen in Osterholz und Tesche in einem guten energetischen Zustand zu sein. Wie hat sich die Situation diesbezüglich in den letz-ten Jahren entwickelt?

**Frau Meier:** Die Sanierungsrate liegt in Vohwinkel momentan bei etwas über einem Prozent. 1,5 % oder gar 2 %, wie sie in einigen wachsenden Regionen erzielt werden, wo die Mieten stärker erhöht werden können, werden hier nicht erreicht. Das liegt daran, dass Mietpreissteigerungen bei dem Überhange an Wohnungen nur in geringem Umfang möglich sind (GP 9,11,12). Ein Problem, von dem mir einige Hausbesitzer berichten, ist ihr geringer finanzieller Spielraum, um in die Sanierung und den Austausch von Heizungsanlagen zu investieren (GP 10,15). Aber wir wol-len uns nicht beklagen. Es ist in den vergangenen 40 Jahren schon einiges passiert. Allein schon durch die stetigen Verschärfungen der Energieeinsparverordnung auf Bundesebene. Und auch die Neubauten werden schon seit mehreren Jahren im Pas-sivhausstandard errichtet. Das heißt natürlich nicht, dass diese Häuser nur 15 kWh(m<sup>2</sup>\*a) verbrauchen. Das hat verschiedene Gründe. Erstens hat sich das An-spruchsdenken geändert. Viele denken: wenn ich mein Haus schon saniere, dann möchte ich auch das ganze Jahr im T-Shirt im Wohnzimmer sitzen können. Zwei-

tens sind in Mehrfamilienhäusern immer mal Wohnungen zwischendurch leer. Dadurch kühlen die Wände dort schnell ab und in den angrenzenden Wohnungen muss mehr geheizt werden. Und drittens verbringen die Senioren mehr Zeit in der eigenen Wohnung als Berufstätige, wodurch die Raumwärmenachfrage steigt. Natürlich muss man auch sagen, dass wir heute bedingt durch die Klimaerwärmung nicht mehr so kalte Winter haben wie vor 40 Jahren und daher nicht mehr so lange und viel heizen müssen. Aber dieser Effekt ist nach wie vor geringer als die zuvor aufgezählten Entwicklungen.

So, dann setzen wir uns wieder ins Auto und fahren durch Vohwinkel Mitte auf den Westring Richtung Engelshöhe und Elfenhang. Zunächst biegen wir rechts ab und fahren an zwei weitläufigen Ein- und Zweifamilienhausgebieten vorbei. Hier wohnen einige ehemalige Düsseldorfer, weil die Preise bei uns wesentlich geringer sind als dort (GP1). Ein Problem ist allerdings, dass die Leute weiterhin stark nach Düsseldorf orientiert sind. Ihr ganzes Einkaufs- und Freizeitverhalten spielt sich in Düsseldorf ab. Mittlerweile stehen hier dennoch einige Häuser leer. Wir fahren jetzt wieder zurück auf den Westring und biegen ab in das Gebiet Engelshöhe.

**Abbildung 35: Referenz-Szenario 2050: Einzelhandel und Grundschulen**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

**Reporter:** Hier sind die Häuser in einem deutlich schlechteren Sanierungszustand. Der Leerstand ist nicht zu übersehen. In wessen Besitz sind die Häuser?

**Frau Meier:** Wir befinden uns jetzt in Höhe, einem der schwierigeren Quartiere von Vohwinkel. Natürlich kann man das nicht generell sagen. Es gibt hier durchaus auch einzelne positive Objekte. Aufgrund der heterogenen Eigentümerstruktur ist das Bild sehr differenziert. Die meisten Mehrfamilienhäuser im westlichen Teil gehören ausländischen Wohnungsgesellschaften, die über Jahre hinweg wenig Interesse an grundlegender Sanierung gezeigt haben. Es wurde auch mal kurz über einen Abriss gesprochen, aber daraus wurde nichts (GP 2,11,12). So steht dann je nach Gebäude eine große Zahl der Wohneinheiten dauerhaft leer. Dort vorne das Haus ist komplett leer. Nun droht Einsturzgefahr und wir mussten um die Hausruine einen Bauzaun aufstellen (GP 4,8,9). Daher wollen immer weniger Menschen hier hinziehen, was die Immobilien und Mietpreise weiter nach unten drückt. Versorgungseinrichtungen und soziale Infrastruktureinrichtungen wie kleine Läden und eine Grundschule gibt es hier schon seit längerer Zeit nicht mehr. Einige fürchten auch um ihre Sicherheit (GP 6).

Wir kommen jetzt am Gebiet Roskamp mit einer Mischung aus Ein- und Zweisowie kleineren Mehrfamilienhäusern vorbei. Die Häuser sind mehrheitlich im Besitze von Privatpersonen. Da kommt es sehr stark auf die Situation und das Engagement der einzelnen Besitzer an (GP 4,14). Auch hier stehen etliche Wohnungen leer. Viele haben Angst vor dem Werteverfall ihrer Häuser (GP 6,11,13).

Nun überqueren wir die Gräfrather Straße und dann die Ehrenhainstraße. Dort fahren wir in das Gebiet Dasnöckel. Die Mehrfamilienhäuser im Inneren sind sozialer Wohnungsbau, außen herum befinden sich die Eigentumswohnungen (GP 11,12). Zusammen mit den Hochhäusern an der Ehrenhainstraße, die wir dort vorne sehen, ist die Gegend mittlerweile schon als Problemviertel zu bezeichnen (GP 1,2,3,6,8,9,12,13,15). Vor 40 Jahren gab es hier den höchsten Anteil an Kindern und Jugendlichen sowie die größte durchschnittliche Haushaltsgröße, aber das ist lange her. Mittlerweile leben hier viele alte Leute. Wer hier wohnt, ist auf ein Auto angewiesen, da die Zahl der Buslinien mit der Zeit ausgedünnt und die Taktung vergrößert wurde. Die bewohnten Quadratmeter pro Person sind dementsprechend stark angestiegen. Des Öfteren erzählen mir Senioren, dass ihnen ihre Wohnungen eigentlich zu groß sind, doch solange sie es sich noch finanziell leisten können, bleiben sie in ihrer Wohnung oder in ihrem Haus wohnen. Überhaupt läuft bei den privaten Haushalten viel über den Preis (GP 6). Aufgrund der gestiegenen Energiepreise werden immer mehr Haushalte quasi zum Umdenken gezwungen. Dabei empfinden sie die Verhaltensänderung dann als ungerecht und sehen die Stadt in der Pflicht, die Situation zu verbessern (GP 6). Aber was hätten wir denn machen können? Ich sehe es so, dass die Lage nicht so entscheidend ist wie das Engagement des Besitzers (GP 4,14). Bei so einer heterogenen Besitzstruktur ist es schwierig, ohne Gesetze von Landes- und Bundesebene wirklich grundlegende Verbesserungen durchzusetzen (GP 1,4,7). Wir fahren nun über die Ehrenhainstraße und die Lützowstraße auf die Kaiserstraße in Vohwinkel-Mitte.

**Reporter:** Vohwinkel-Mitte ist, wie der Name schon vermuten lässt, das Zentrum von Vohwinkel. Wie hat es sich in den letzten Jahrzehnten entwickelt?

**Frau Meier:** Das erste Problem haben wir direkt hier. Nun stehen wir schon wieder im Stau. Das gesamte Quartier, besonders die Kaiserstraße, hat ein Problem mit dem beständig steigenden motorisierten Verkehr, besonders den Pkw (GP 1). Es entstand mal die Diskussion im Stadtbezirksrat auf Anfrage einiger Bürger, die Kaiserstraße in eine Fußgängerzone umzugestalten. Aber da gab es sofort Bedenken von mehreren Geschäftsleuten (GP 10). Und der Verbrauchermarkt im alten Gebhard-Gebäude mit seinen 5.000 m<sup>2</sup> sowie den zusätzlichen Ladenlokalen und 200 Parkplätzen benötigte eine gute Anbindung für die Kunden von nah und fern (GP 13,14). Das erzeugt einiges an motorisiertem Verkehr. Allein für die Vohwinkeler Bevölkerung ist das Projekt viel zu groß (GP 4,10). Wir sind da auf Kunden aus den umliegenden Gemeinden angewiesen. Das wird mit der Zeit aber auch immer schwieriger.

Ein zweites Problem in Vohwinkel-Mitte ist, dass sich schwierige Gebiete, die schon vor 35 bis 40 Jahren entstanden sind, wie z.B. das Dichterviertel, immer weiter verschlechtert haben. Zusammen mit den Hochhaussiedlungen im Süden, die wir vorhin gesehen haben, entwickelten sich mehrere soziale Brennpunkte (GP 1,5,6,7,8,10,11,12,15). Auch hier haben wir immer wieder mit komplett leerstehenden Ruinenhäusern zu kämpfen (GP 4,8,9). Oft war unten früher ein Ladengeschäft. Aber durch die Konzentration der Läden an wenigen, gut mit dem Auto zu erreichenden Standorten und der allgemeinen Abnahme der Kaufkraft (GP 7,13,15) wurde es für Einzelhändler und Fachgeschäfte in der Kaiserstraße immer schwieriger (vgl. Abbildung 35). Bars oder Restaurants gibt es leider auch kaum noch (GP 13). Ich habe so ein bisschen das Gefühl, dass Vohwinkel in einigen Gebieten in eine ganzheitliche Abwärtsspirale geraten ist (GP 8,13,15). Dabei erscheint mir besonders die diffuse Schrumpfung ein Problem zu sein. In allen Quartieren gibt es eine Abnahme der Dichtewerte (GP 2).

Nun biegen wir hier rechts ab auf die Bahnstraße. Rechts sehen Sie unseren schönen Lienhard-Platz. Wenn wir so etwas wie einen Marktplatz haben, wo man sich treffen kann, dann ist es hier. Das ist im Übrigen auch die Stelle, wo früher das «Gut Vowynkel» stand, also der Kern des Stadtbezirks. Von hier aus startete die Entwicklung als Siedlung. Dort am Bahnhofsvorplatz werden wir unsere Stadtrundfahrt beenden. Ich hoffe, Sie haben einen guten Einblick in unseren Stadtbezirk bekommen.

**Reporter:** Herzlichen Dank für das Gespräch und die Tour durch Teile Vohwinkels.



### 7.3.2 Referenz-Szenario: Auswirkung auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen

#### Alltäglicher Personenverkehr

Für die Abschätzung der Entwicklung der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden zum einen die mittlere Wegezahl und -länge mit motorisierten Verkehrsmitteln in den beiden Bezugsjahren 2030 und 2050 bestimmt. Zum anderen sind die Entwicklungen des spezifischen Energieverbrauchs pro Personenkilometer je Verkehrsmittel sowie der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personenkilometer je Verkehrsmittel von Bedeutung.

Die Annahmen zur Entwicklung der allgemeinen Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 7.2) bilden die Grundlage für die Überlegungen zur Veränderung der mittleren Wegezahl und -länge mit motorisierten Verkehrsmitteln. Im Akteursworkshop wurden Treiber diskutiert, die teils zu einer Reduzierung, teils zur Zunahme der Wegezahl und Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln führen. Es überwiegt die Einschätzung, dass sich die Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln erhöht. Zur quantitativen Abschätzung der Veränderungen werden verschiedene Langfristszenarien herangezogen (vgl. Tabelle 33).

**Tabelle 33: Entwicklung des Verkehrsaufwandes bis 2050 in verschiedenen Langzeitstudien**

Autor(en)	Name der Studie	Parameter	Veränderung
Walker 2005	Verkehr in Baden-Württemberg bis 2050 «Trendvariante» und «mobile Senioren» (eigene Berechnung aus Daten der Studie mit Bevölkerungsdaten für Baden-Württemberg von Cornelius (2007) und Hautzinger/Pfeiffer (2008))	Verkehrsaufwand im Personenverkehr pro Person und Jahr	2002-2050 «Trendvariante»: +21 % «Mobile Senioren»: +28 %
TRAMP et al. 2006	Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050 (Szenario: gleitender Übergang) (eigene Berechnung aus den Daten der Studie)	Verkehrsaufwand privater Haushalte mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Person und Jahr	2010-2050 +15 %
Kirchner et al. 2009	Modell Deutschland: Klimaschutz bis 2050 - Vom Ziel her denken (Szenario «Referenz») (eigene Berechnung mit Daten der Studie und Bevölkerungsdaten von Deutschland für 2010 und 2050 Statistisches Bundesamt)	Verkehrsaufwand privater Haushalte mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Person und Jahr	2010-2050 +2 %
Hacker et al. 2014	eMobil: Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz	Durchschnittliche Wegelänge	2010-2050 +10 %

Quelle: eigene Darstellung

Die Studien zeigen, dass je nach Szenarioannahmen der Verkehrsaufwand (teilweise bereits reduziert auf motorisierte Verkehrsmittel) zwischen +2 % und 15 % steigt, wenn der Bezugsrahmen 2010 bis 2050 gewählt wird. Nicht explizit einge-

gangen wird in den Studien auf den Rebound-Effekt. Für den motorisierten Individualverkehr wurde festgestellt, dass aufgrund der Erhöhung der Antriebseffizienz und des geringeren Kraftstoffverbrauchs der Verkehrsaufwand nach der Anschaffung eines effizienteren Pkw zunimmt (vgl. Eschment 2014, Santarius 2012: 11). Außerdem werden die Auswirkungen einer dispersen Entwicklung der Siedlungsstruktur bei abnehmender Bevölkerung bei keiner Studie explizit berücksichtigt. Da vermutet wird, dass diese Entwicklung ebenfalls zu einer weiteren Zunahme der Wegelängen mit motorisierten Verkehrsmitteln führt, wird angenommen, dass die durchschnittliche Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln von 2010 über 2030 (+9 %) bis 2050 auf insgesamt 18 % steigt. Es wird weiter angenommen, dass die Zahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Person der Vohwinkeler Bevölkerung bei 2,7 stagniert, da sich zum einen die Gründe für eine Zunahme der Nutzung motorisierter Verkehrsmittel und eine Abnahme in etwa die Waage halten (vgl. Tabelle 31 und Tabelle 32). Zum anderen ist die Anzahl der gesamten Wege pro Person und Tag in der Vergangenheit recht stabil verlaufen. So wird auch in der Zukunft mit konstanten Wegezahlen pro Person über alle Verkehrsmittel gerechnet (vgl. Erhard et al. 2014: 17 f.).

Für die quantitative Abschätzung wird keine Unterscheidung der Veränderung nach Wegezweck vorgenommen, um die Komplexität zu reduzieren. Bei der qualitativen Betrachtung wurde dieser Unterschied kurz angesprochen (vgl. Kapitel 7.3.1). Wie in Tabelle 34 zu sehen ist, nimmt trotz des Anstiegs der Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln der Jahresverkehrsaufwand aufgrund der rückläufigen Einwohnerzahlen ab. Zwischen 2010 und 2050 sinkt er um gut 20 Mio. km, was einem Rückgang von 7,4 % entspricht.

**Tabelle 34: Referenz-Szenario: Alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung zentraler Parameter bis zum Jahr 2050**

	Wegelänge	Wegezahl	Verkehrsaufwand pro Kopf & Tag	Einwohnerzahl Vohwinkels	Jahresverkehrsaufwand der Vohwinkeler (Alltag)
2010	11,4 km	2,7	31,3 km	30.969	322.619.944 km
2030	12,4 km	2,7	34,0 km	26.980	305.598.544 km
2050	13,6 km	2,7	37,1 km	24.149	298.697.182 km

Es handelt sich beim Personenverkehr ausschließlich um den motorisierten, alltäglichen Personenverkehr. Alle Werte sind gerundet. Gerechnet wurde mit kompletten Werten.

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Annahmen zur Entwicklung des Energiebedarfs pro Personenkilometer und der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personenkilometer (Pkm) unterteilt nach Verkehrsmitteln werden für das Jahr 2030 vom komplexen und sehr ausdifferenzierten TREMOD übernommen. Für das Jahr 2050 werden die Werte fortgeschrieben. Im Angang, Anlage 12 sind die zentralen Werte, die das Grundgerüst aller Szenarien bilden, dokumentiert.

Für den Bereich Pkw/Taxi wird eine Differenzierung nach Antriebsarten vorgenommen, da die Diskussionen um die weitere Entwicklung der Antriebsarten aus heutiger Sicht besonders interessant erscheinen. Eine Differenzierung ermöglicht auch die Erstellung einer Sensitivitätsanalyse in Bezug auf die Entwicklung der Elektromobilität in diesem Segment (vgl. Kapitel 7.6). Den Annahmen zufolge benötigen Pkw mit batterieelektrischem Antrieb, gefolgt von *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*, im Jahr 2050 die geringste Energie pro Pkm und verursachen die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Pkm. Das hängt unter anderem mit der Annahme zusammen, dass erneuerbare Energien im deutschen Strommix immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Sowohl bei der Entwicklung des Energieverbrauchs als auch der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird in den Studien von einer enormen Effizienzverbesserung ausgegangen. Gerade vor dem Hintergrund der Diskussionen um die illegalen Anwendungen von Emissionskontrollsystemen, sind die im TREMOD dargestellten Zahlen zu hinterfragen. Ob sie im Normalbetrieb oder nur unter abstrakten Testbedingungen erreicht werden, bleibt abzuwarten. Die Werte stellen kein *business as usual* dar, sondern sehr engagierte Annahmen der Zukunftsentwicklung. Die Durchschnittswerte pro Pkm werden neben den Annahmen zur Effizienzverbesserung und dem Besetzungsgrad auch von Annahmen zur Zusammensetzung der Größenklassen der Pkw beeinflusst. Steigt der Trend zu großen und schweren Autos, können sich die Durchschnittswerte ändern. Gerade die Werte für 2050 sind aus heutiger Sicht mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Neben der Effizienzverbesserung der einzelnen Pkw-Antriebsarten ist deren jeweiliger Anteil am Jahresgesamtverkehrsaufwand entscheidend für den gesamten Energieaufwand und die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Konventionelle Antriebsarten (Diesel, Benzin) erreichen in Anlehnung an das Referenz-Szenario von KIRCHNER et al. (2009) im Jahr 2050 einen Anteil von knapp 44 %. In 2010 haben sie noch einen Anteil von gut 98 %. Der Anteil an Pkw, die komplett oder teilweise mit Strom betrieben werden (batterieelektrischer Antrieb, Hybridfahrzeuge mit Elektro und Diesel/Benzin, *Plug in Hybrid* Elektroautos mit Diesel/Benzin) nimmt stark zu. Zusammengefasst haben sie 2050 einen Anteil von 46,5 % an der Jahresgesamtfahrleistung. Gasantriebe (Auto- und Erdgas) spielen eine eher untergeordnete Rolle. Annahmen zufolge wird Brennstoffzellenantrieb bei Pkw erst nach 2030 in geringem Maße auf den Markt kommen (vgl. UBA 2016d, Kirchner et al. 2009: 95). Aufgrund der großen Unsicherheiten dieser Werte werden in Kapitel 7.6 Sensitivitätsrechnungen durchgeführt, bei denen zum einen von einer langsameren Durchdringung der Elektromobilität ausgegangen wird, zum anderen von einer schnelleren im Vergleich zu den Werten im Jahr 2050 in den Hauptszenarien. Auch die Annahmen zum Jahresverkehrsaufwand weisen auf den langen Betrachtungszeitraum gesehen große Unsicherheiten auf. Mit TREMOD (UBA 2016d) und der Studie «Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050» von Kirchner et al. 2009 sind zwei

differenzierte und komplexe Grundlagenmodelle gewählt worden, die eine Basis für das Referenz-Szenario bilden.

Da die Daten der Verkehrsbefragung Vohwinkel lediglich eine Unterscheidung nach den Verkehrsmitteln öffentlicher Verkehr und motorisierter Individualverkehr zulassen, wurde für die weitere Unterteilung innerhalb der beiden Kategorien die Aufteilung von Wuppertal zugrunde gelegt und anteilig auf Vohwinkel übertragen. Für die Jahre 2010, 2030 und 2050 wird die Aufteilung konstant gehalten, weil Maßnahmen zur Verlagerung innerhalb des motorisierten Verkehrs nicht im Erkenntnisinteresse der Untersuchung stehen.

Die dargestellten Annahmen zur Entwicklung des Energieverbrauchs, der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Anteile motorisierter Verkehrsmittel am Verkehrsaufwand und die Anteile der Antriebsarten von Pkw am Jahresverkehrsaufwand werden für alle Szenarien gleich gehalten. Nur bei der Sensitivitätsanalyse zur Elektromobilität (Kapitel 7.6) werden Veränderungen der Anteile der Pkw-Antriebsarten am Jahresverkehrsaufwand mit Pkw vorgenommen. Alle Werte werden im Anhang, Anlage 12 dargestellt.

### Ergebnisse:

Im Referenz-Szenario, das zeigt, wie sich Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen unter Beibehaltung der heutigen Erwartungen entwickeln, werden Verbesserungen der Energieeffizienz und ein Anstieg der Anteile erneuerbarer Energien im Kraftstoff-/Strombereich angenommen.

Tabelle 35 zeigt, dass die Energienachfrage aller Vohwinkeler Bürger für den Personenverkehr im Alltag von 1990 bis 2050 um 62 % sinkt. Wird die Entwicklung pro Kopf betrachtet, beträgt die Abnahme lediglich 47 %.

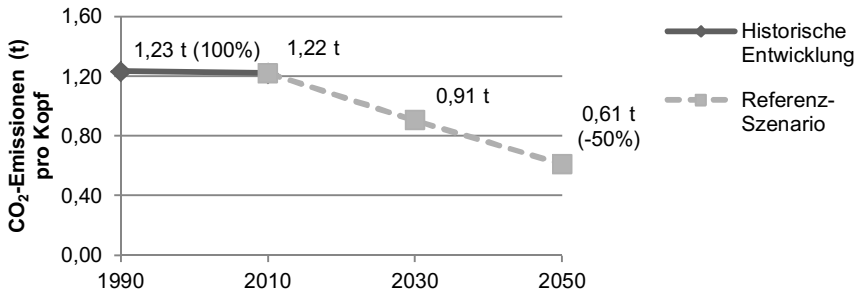
**Tabelle 35: Referenz-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen absolut und pro Kopf zwischen 1990 und 2050**

	1990	2010	2030	2050	Veränderung 1990-2050
Energienachfrage aller Vohwinkeler Bürger für alltäglichen Personenverkehr (GWh/a)	171	157	103	66	minus 62 %
Energienachfrage pro Kopf für alltäglichen Personenverkehr (MWh/a)	5,11	5,08	3,82	2,71	minus 47 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen aller Vohwinkeler Bürger für alltäglichen Personenverkehr (t/a)	41.240	37.802	24.448	14.785	minus 64 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für alltäglichen Personenverkehr (t/a)	1,23	1,22	0,91	0,61	minus 50 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürgern nehmen den Berechnungen zufolge zwischen 1990 und 2050 um 64 % ab. Gründe dafür sind neben dem Rückgang der Einwohnerzahl die Verbesserungen der Energieeffizienz, die Erhöhung der Bedeutung erneuerbarer Energien und der Wechsel der Antriebstechnologien. Pro Kopf werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen lediglich halbiert, da sich hier der Effekt des Bevölkerungsrückgangs nicht auswirkt (vgl. Abbildung 36).

**Abbildung 36: Referenz-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung zwischen 1990 und 2050**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

### Raumwärme privater Haushalte

Auch das Referenz-Szenario für den Bereich Raumwärme privater Haushalte in Vohwinkel soll einen Überblick geben, wohin sich zentrale Parameter entwickeln, die die Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen beeinflussen. Energiesuffizienz und ihre Förderung spielen hier keine Rolle. Ähnlich wie beim Referenz-Szenario alltäglicher Personenverkehr, wo keine differenzierte Unterscheidung nach Wegezwecken vorgenommen wird, wird auch im Raumwärmebereich aus Komplexitätsgründen und zur besseren Nachvollziehbarkeit keine Unterteilung nach Gebäudetypen (z.B. EZFH, MFH) oder Gebäudealtersklassen vorgenommen.

Für die Abschätzung der Entwicklung der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind zum einen die (beheizte) Wohnfläche pro Person und die durchschnittliche Raumtemperatur in den Bezugsjahren 2030 und 2050 von Interesse. Diese beiden Größen werden durch die Energiesuffizienz-Maßnahmen beeinflusst. Zum anderen sind verschiedene Entwicklungen der Rahmenbedingungen sowie der Effizienz und Konsistenz von Bedeutung.

Da die bewohnte und beheizte Wohnfläche pro Kopf eine der zentralen Messgrößen für energiesuffizientes Verhalten und den Erfolg der Förderung ist, werden die Werte mehrerer Szenarien aus der Literatur vergleichend dargestellt (vgl. Tabelle 36). Die Diskussion der Entwicklung der allgemeinen Rahmenbedingungen mit den Akteuren hat gezeigt, dass in Vohwinkel aufgrund der Abnahme der Haushaltsgrößen mit einer steigenden Quadratmeterzahl pro Kopf gerechnet wird. Zwei Rahmenbedingungen tragen hierzu besonders bei: die prozentuale Zunahme der

Personen älter als 65 Jahre und die Abnahme der Kinder und Jugendlichen (vgl. Kapitel 7.2).

Die Auswertung einiger Literaturquellen zeigt, dass auch hier durchgehend von einer steigenden Wohnfläche pro Person ausgegangen wird (vgl. Tabelle 36). Allerdings wird in vielen Studien nicht explizit erwähnt, ob es sich um die bewohnte und beheizte oder um die gesamte Wohnfläche handelt. Bei der gesamten Wohnfläche wird der Leerstand mit eingerechnet. Für die Raumwärmenachfrage ist der Leerstand relativ unbedeutend, da die Fläche nicht beheizt wird. Treiber für die Zunahme der Wohnfläche können neben der Zunahme der Einpersonenhaushalte und dem Rückgang der Haushaltsgröße auch noch der Wunsch nach mehr Wohnfläche sein oder strukturelle und persönliche Hindernisse, die einen Umzug in eine kleinere Wohnung bei Veränderung der Haushaltsgröße verhindert (z.B. kein Käufer für das Haus/die Wohnung, keine Unterstützung beim Umzug, Gewohnheit an das unmittelbare Umfeld, Familie/Freunde/Nachbarn). Im Referenz-Szenario wird ein Anstieg der bewohnten Wohnfläche zwischen 2010 und 2030 von 11 % angenommen. Für den Zeitraum von 2030 bis 2050 wird ein Wert von +7 % festgelegt.

**Tabelle 36: Entwicklung der Wohnfläche pro Person bis 2030/2050**

Autor(en)	Name der Studie	Parameter	Veränderung	
			2011-2030	2030-2050
Schlesinger et al. 2014	Entwicklung der Energiemärkte - Energiereferenzprognose	Veränderung der Wohnfläche pro Kopf (mit Leerstand) (eigene Berechnung auf Grundlage der absoluten Zahlen)		
			+10 %	+7 %
Kirchner et al. 2009	Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken	Veränderung der Wohnfläche pro Kopf (bewohnte Wohnfläche) (eigene Berechnung auf Grundlage der absoluten Zahlen)	2005-2030	2030-2050
			+17 %	+7 %
Reutter et al. 2012	Low Carbon City Wuppertal	Veränderung der Wohnfläche pro Kopf (mit Leerstand) (eigene Berechnung auf Grundlage der absoluten Zahlen)	2010-2030	2030-2050
			+16 %	+7 %
Statista 2016b	Prognose zur Entwicklung der Pro-Kopf-Wohnfläche in Deutschland bis zum Jahr 2030 nach Regionen (in Quadratmeter)	Veränderung der Wohnfläche pro Kopf (Alte Bundesländer (eigene Berechnungen auf Grundlage der absoluten Zahlen))	2013-2030	-
			+10 %	-
Zeiss et al. 2014	Zusammenfassung der Szenarioberechnungen des Beteiligungsprozesses	Veränderung der Wohnfläche pro Kopf NRW Daten (eigene Berechnungen auf Grundlage der absoluten Zahlen Wohnbevölkerung und Wohnfläche in m <sup>2</sup> )	2010-2030	2030-2050
			+18 %	+14 %

Quelle: eigene Darstellung

Die zweite zentrale Messgröße für Energiesuffizienz neben den bewohnten Quadratmetern ist die durchschnittlich gewählte Raumtemperatur der Wohneinheit. Bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs wird, abgesehen von der energetischen Qualität des Gebäudes und der Effizienz der Heizungstechnik, mit einer vorgegebenen Raumtemperatur gerechnet (vgl. Adolf et al. 2011: 43). Sie beträgt üblicherweise 19 oder 20 °C (vgl. IWU 2016).

Empirische Studien zur tatsächlichen durchschnittlichen Raumtemperatur von Wohneinheiten sind kaum vorhanden. Ein Forschungsprojekt der Hochschule Ruhr West und des Wuppertal Instituts hat die Raumtemperatur in 78 Wohnungen (176 Räume) gemessen und die Primärdaten zur Auswertung zur Verfügung gestellt (vgl. Grinewitschus 2013). Eine Auswertung der Daten hat eine durchschnittliche Raumtemperatur von 20,1 °C ergeben. Dabei reicht die Spannweite von 12,2 °C bis 26,4 °C. In 38 % der Räume liegt die durchschnittliche Temperatur über 21 °C und in 62 % über 20 °C. Auch wenn die Daten nicht repräsentativ sind, deuten sie darauf hin, dass es Potenzial zur Reduzierung der Nachfrage nach Energiedienstleistung im Bereich der Raumtemperatur gibt. Natürlich ist zu beachten, dass das Wärmeempfinden von Person zu Person verschieden ist und Unterschiede in Bezug auf eine angenehme Raumtemperatur bestehen. Doch auch in den Experten- und Akteursinterviews wurde darauf hingewiesen, dass bei der Wahl der Raumtemperatur nach der Erfahrung der Interviewpartner zum Teil großes Potenzial zur Nachfragereduzierung durch Verhaltensänderung besteht (vgl. z.B. GP 7). Im Referenzszenario wird für den gesamten Zeitraum von einer durchschnittlichen Raumtemperatur von 20,5 Grad C ausgegangen.

Einige zentrale Größen der Rahmenbedingungen und der Effizienzentwicklung sind in Tabelle 37 dargestellt. Die angenommenen Basiswerte für die Szenarien werden im Anhang, Anlage 13 dargestellt. Dazu zählen die Entwicklung des Energiemixes in Vohwinkel für Raumwärme, die Entwicklung des Nutzenergieverbrauchs, der Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlagen sowie die *Life-Cycle-Assessment* (LCA)-Faktoren zur Bestimmung der CO<sub>2</sub> Emissionen.

Den Werten zur Entwicklung des Nutzenergieverbrauchs liegt die Annahme zugrunde, dass verschiedene Faktoren neben den Verbesserungen der Gebäudehülle den zukünftigen Energieverbrauch beeinflussen. Es wird davon ausgegangen, dass die Raumwärmenachfrage aufgrund der Klimaerwärmung zwischen 2010 und 2050 um 15 % abnimmt (vgl. Schlesinger et al. 2014). Das bedeutet eine Abnahme des Heizwärmeverbrauchs bei unsanierten Gebäuden bis 2050 von 105 auf 89 kWh(m<sup>2</sup>\*a). Bei der sanierten und neu gebauten Wohnfläche spielt darüber hinaus noch der Rebound-Effekt eine Rolle. Empirische Studien haben gezeigt, dass der tatsächliche Verbrauchswert im Raumwärmebereich zwischen 20 % und 30 % über den zuvor errechneten Bedarfswerten liegt (vgl. Cali et al. 2013, Sunikka-Blank/Galvin 2012, Haas/Biermayr 2000). Im vorliegenden Fall wird mit einem Wert von 30 % gerechnet. Darüber hinaus gibt es verschiedene Effekte, welche

während des Akteursworkshops unter den externen Rahmenbedingungen diskutiert wurden, die sowohl eine Erhöhung als auch eine Reduzierung der Raumwärmenachfrage bewirken. Eine Erhöhung bewirkt die Zunahme der Anzahl der Senioren, die eine höhere Verweildauer in der Wohnung haben sowie die Zunahme des dispersen Leerstandes in Mehrfamilienhäusern, was zu Wärmeverlusten durch nicht beheizte Wohnungen führt. Die bewohnten Wohnungen müssen dann mehr beheizt werden, als der Bedarfswert angibt. Demgegenüber besteht durch einen Anstieg der Energiepreise die Gefahr der Energiearmut in Teilen der Gesellschaft, was ggf. zu geringerem Heizen führt. Außerdem nimmt aufgrund der steigenden Ganztagsbetreuung der Kinder und des Anstiegs der Berufstätigkeit von Frauen die Verweildauer in der Wohnung dieser Gruppen ab, was ebenfalls zu geringerer Heiznachfrage führt. Aufgrund der Schwierigkeit der genauen Quantifizierung dieser Effekte wird angenommen, dass sie sich ausgleichen.

**Tabelle 37: Referenz-Szenario für Raumwärme privater Haushalte: zentrale Größen bis 2050 in Vohwinkel**

	2010	2030	2050
Einwohnerzahl	30.969	26.980	24.149
Anstieg der bewohnten und beheizten Wohnfläche pro Person (%)	-	11	7
Beheizte Wohnfläche pro Person (m <sup>2</sup> )	37,3	41,4	44,3
Gesamte bewohnte und beheizte Wohnfläche (m <sup>2</sup> )	1.155.708	1.117.599	1.070.353
Sanierungsrate p.a. % (bezogen auf die m <sup>2</sup> )	0,9	1,02	1,25
Neubaurate p.a. % (bezogen auf die m <sup>2</sup> )	0,4	0,4	0,4
Abrissrate p.a. % (bezogen auf die m <sup>2</sup> )	-	0,2	0,4
Leerstand in % (bezogen auf die m <sup>2</sup> )	6,5	13,0	16,7

Quellen: **Einwohnerzahl:** Stadt Wuppertal 2012d für 2030; eigene Berechnung für 2050; **Anstieg der bewohnten und beheizten Wohnfläche p. P.:** eigene Annahmen nach Literaturauswertung in Tabelle 36; **Beheizte Wohnfläche p. P.:** eigene Berechnung aus Annahmen; **Gesamte bewohnte Wohnfläche;** eigene Berechnung nach Daten des Wärmeatlas WSW 2011 und den Annahmen zum Anstieg der Wohnfläche p. P.; **Sanierungsrate** (vollsanierungsäquivalent) für 2030 und 2050 prozentuale Veränderung nach Schlesinger et al. 2014: 146 auf der Grundlage der Werte für Vohwinkel, für 2010 eigene Annahme nach Aussagen in den Interviews; **Neubaurate:** 2010 eigene Auswertung auf Grundlage des Wärmeatlas WSW 2011 (durchschnittliche Neubaurate p.a. 1999 bis 2008); eigene Annahme 2030 und 2050 in Anlehnung an Bürger et al. 2016: 26; **Abrissrate:** Schlesinger et al. 2014: 138 für 2030; eigene Annahme 2050; **Leerstandsquote:** für 2010 eigene Auswertung auf Grundlage des Wärmeatlas WSW 2011; 2030 und 2050: eigene Berechnung aus den vorherigen Annahmen

Der Jahresnutzungsgrad von Heizungsanlagen drückt deren energetische Qualität aus und stellt über das Jahr gemittelt den Gesamtwirkungsgrad der Anlage dar. Die Nutzenergie dividiert durch den mittleren Jahresnutzungsgrad ergibt die Endenergienachfrage.

Um aus der Endenergie, unterteilt nach Energieträgern, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu bestimmen, werden die Werte mit *Life-Cycle-Assessment*-Faktoren multipliziert.



Somit wird die Vorkette der Energiebereitstellung, die so genannten «graue Emissionen» (Anlagenherstellung, Betrieb, Rückbau, Vorkette von Brennstoffen), ebenfalls eingerechnet.

### Ergebnisse:

Im Referenz-Szenario, das zeigt, wie sich Endenergienachfrage für Raumwärme privater Haushalte und die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen unter heutigen Erwartungen in Vohwinkel entwickeln, stehen die Sanierung der Gebäudehülle, der Austausch der Heizungsanlagen (teils mit Wechsel des Energieträgers) und der Neubau im Zentrum der Betrachtung.

In Tabelle 38 wird gezeigt, dass die Energienachfrage aller Vohwinkeler Bürger für Raumwärme von 1990 bis 2050 um 65 % sinkt. Gründe dafür sind neben dem Rückgang der Einwohnerzahl die starke Verbesserung der Energieeffizienz (Gebäudedämmung und Wechsel zu effizienteren Heizungsanlagen) sowie die Erhöhung der Bedeutung erneuerbarer Energien. Wird die Entwicklung pro Kopf betrachtet, beträgt die Abnahme 52 %. Der Energieverbrauch pro Person sinkt von 5,2 MWh/a auf 2,5 MWh/a. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürgern für Raumwärme nehmen den Berechnungen zufolge zwischen 1990 und 2050 um 76 % ab. Damit liegt die Abnahme der CO<sub>2</sub> Emissionen noch zusätzlich 11 Prozentpunkte über dem Reduktionswert der Energienachfrage. Pro Kopf beträgt die Abnahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen nur 67 %, da die Bevölkerung den Annahmen zufolge in dem Zeitraum um gut 9.000 Einwohner zurückgeht (vgl. auch Abbildung 37).

**Tabelle 38: Referenz-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der Endenergienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Vohwinkel absolut und pro Kopf zwischen den Jahren 1990 und 2050**

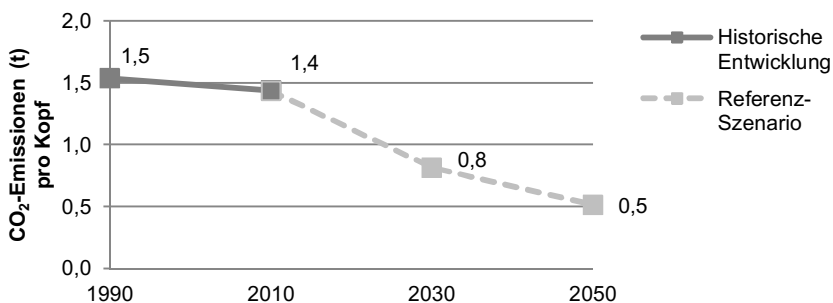
	1990	2010	2030	2050	Veränderung 1990-2050
Endenergienachfrage der Vohwinkeler Bürger für Raumwärme (GWh/a)	174	155	94	60	minus 65 %
Endenergienachfrage pro Kopf für Raumwärme (MWh/a)	5,2	5,0	3,5	2,5	minus 52 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen der Vohwinkeler Bürger für Raumwärme (t/a)	51.451	44.533	21.983	12.454	minus 76 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für Raumwärme (t/a)	1,5	1,4	0,8	0,5	minus 67 %

Quelle: eigene Berechnung

Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um gut 2/3 zwischen 1990 und 2050 gelingt im Referenz-Szenario nur aufgrund von Annahmen zur engagierte Verbesserung der Effizienzstandards und einem Wechsel der Energieträger hin zu erneuerbaren Energien. Dabei wird von einer Erhöhung der Sanierungsrate im Vergleich zu 2010

ausgegangen. Die Werte sind keine «Weiter wie bisher»-Fortschreibung zwischen 1990 und 2010, sondern gehen von einer stetigen Verschärfung der Energieeinsparverordnung und von der kontinuierlichen Anhebung der Kfw-Standards aus. Aufgrund der hohen Bedeutung der Sanierungsrate und der Unsicherheit, wie sie sich in einem Wohnungsmarkt entwickelt, in dem von einer Schrumpfung der Einwohnerzahlen und vergleichsweise hohem Leerstand ausgegangen wird, wird eine Sensitivitätsrechnung in Kapitel 7.6 durchgeführt. Hier wird zum einen von einer konstanten Sanierungsrate ab 2010 ausgegangen, zum anderen von einer Verdopplung der Sanierungsrate für den Zeitraum 2030 bis 2050 im Vergleich zu 2010.

**Abbildung 37: Referenz-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf in Vohwinkel von 1990 bis 2050**



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

## 7.4 Moderates-Suffizienz (MS)-Szenario

Sowohl bei den Experteninterviews als auch bei den Gesprächen mit lokalen Akteuren wurden Bedenken geäußert, dass einige der vorgeschlagenen Strategien und Maßnahmen zur Förderung von Energiesuffizienz in der Praxis aus verschiedenen Gründen nicht umgesetzt werden könnten. Außerdem bestand Zweifel, ob und wie viel die konkreten Maßnahmen und allgemeinen Strategien zu einer Reduzierung der Energienachfrage beitragen. Um dieser Skepsis und großen Unsicherheit Rechnung zu tragen, werden im **Moderaten-Suffizienz (MS)-Szenario** nur die Maßnahmen aufgenommen, die mindestens die Hälfte der Akteure vor Ort als «gut umsetzbar» bewerten. Bei der Abschätzung der Auswirkung auf den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden schließlich nur noch die Werte aus dem qualitativen Bild in die Berechnung mit aufgenommen, die mindestens 7 der 10 teilnehmenden Experten (2/3 Mehrheit) quantifiziert haben. Diese Kriterien wurden gewählt, um sicher zu gehen, dass eine Mehrheit sowohl der Akteure vor Ort als auch der Fachexperten hinter der Einschätzung steht. Im Anhang, Anlage 16 und Anlage 17 sind die Auswertungen der Strategien/ Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung im alltäglichen Personenverkehr und bei der Raumwärmenachfrage privater Haushalte zusammengefasst. Steckbriefe zu den einzelnen Maßnahmen im

Verkehrssystem und Strategien im Raumwärmesystem sind im Anhang, Anlage 18 und Anlage 19 zu finden. Außerdem sind für die weiteren Auswertungen die indirekten Energiesuffizienz-Strategien im Raumwärmesystem im Anhang, Anlage 20 aufgeführt, die von den Experten in der Delphi-Befragung bewertet wurden. Auch sie finden Berücksichtigung in den qualitativen Bildern für Vohwinkel. Maßnahmen und Strategien, die von den Experten im Rahmen der Delphi-Befragung zusätzlich genannt wurden, befinden sich im Anhang, Anlage 21 und Anlage 22.

Das qualitative Bild des MS-Szenarios dient dazu, grundsätzliche Aussagen der energiesuffizienten Stadtentwicklung vorzustellen und eine Idee für eine am größtmöglichen Konsens orientierte Umsetzung, zu entwickeln.

#### *7.4.1 Moderates Suffizienz-Szenario: Qualitatives Bild*

Das qualitative Bild von Vohwinkel im Jahr 2050 besteht, wie das Referenzszenario, aus zwei Bausteinen. Zum einen wird ein fiktives Interview geführt. Dieses Mal beschreibt Herr Bülent, der Bezirksbürgermeister, die Veränderungen der vergangenen vier Jahrzehnte. Zum anderen verdeutlichen Karten die räumliche Situation im Jahr 2050. Die Funktion dieses Unterkapitels besteht darin, die Annahmen und Wirkungen der moderaten Energiesuffizienz-Maßnahmen und -strategien zu veranschaulichen. Außerdem werden die Vorstellungen der befragten lokalen Akteure (GP) zur Entwicklung ihres Stadtteils jenseits konkreter Messgrößen dargestellt.

**Herr Bülent:** Guten Tag und herzlich Willkommen in Vohwinkel. Ich freue mich, Ihnen heute, am 27.05.2050, unseren Stadtbezirk näher vorzustellen und von den Veränderungen der letzten Jahrzehnte zu erzählen.

**Reporterin:** Guten Tag, Herr Bülent. Vielen Dank für die Einladung. Der Bahnhof Vohwinkel feiert in diesem Jahr seinen 200. Geburtstag. Noch aus einem anderen Grund interessieren wir uns für Ihren Stadtbezirk. Vor 40 Jahren beschlossen die Vohwinkeler den von Schrumpfung der Einwohnerzahl betroffenen Stadtteil an Prinzipien der energiesuffizienten Stadtentwicklung auszurichten. Damit zählten sie zu einer Gruppe von Vorreitern in Deutschland, die damit begannen, dieses Leitbild umzusetzen. Erinnern Sie sich noch an die Anfänge?

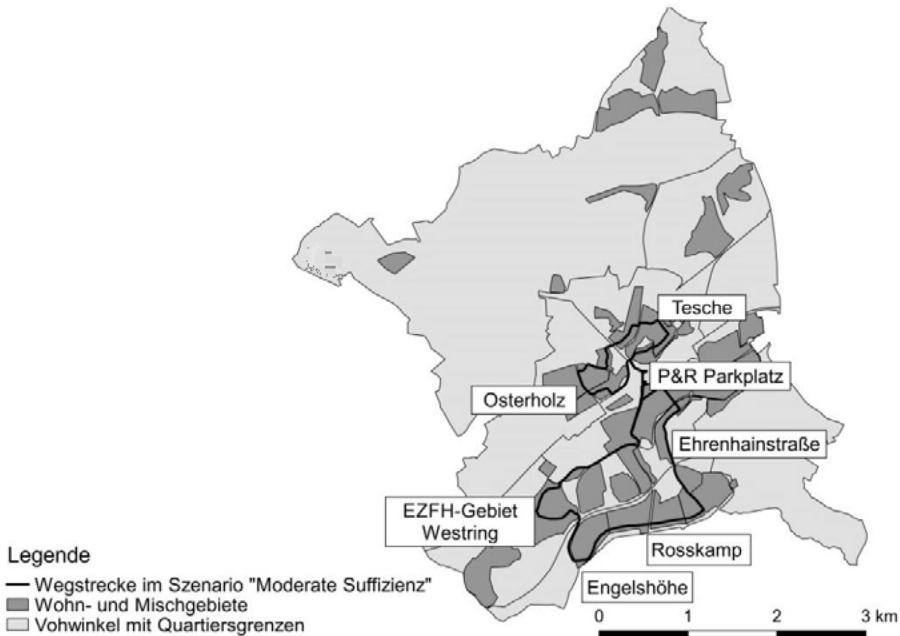
**Herr Bülent:** Sehr gut sogar. Ich war damals gerade Anfang 20 und habe beim FSV Vohwinkel in der Herrenmannschaft Fußball gespielt. Damals begann ein sehr aufwendiger Abstimmungsprozess mit vielen Akteuren aus der lokalen Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft. Ich habe als einer der Vertreter der ortsansässigen Vereine an dem Prozess teilgenommen.

Bevor ich Ihnen von den Erfahrungen berichte, schlage ich vor, dass wir eine Rundtour durch die zentrumsnahen Quartiere Vohwinkels machen und uns die Quartiere direkt anschauen.

**Reporterin:** Gerne. Wir können meinen Pkw nutzen. Er steht dort auf dem P&R-Parkplatz.

**Herr Bülent:** Vielen Dank für das Angebot. Darauf komme ich nachher gerne zurück. Doch zunächst mieten wir uns hier am Bahnhofsvorplatz zwei Pedelecs und erkunden die beiden Quartiere Tesche und Osterholz. Dazu biegen wir auf die Bahnstraße ab und fahren dann links ab nach Osterholz (vgl. Abbildung 38). Das geht ganz schön bergauf, aber mit dem Pedelec ist das gut zu schaffen.

**Abbildung 38: MS-Szenario: Darstellung der zurückgelegten Strecke durch Vohwinkel**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

Wir haben in Vohwinkel lange überlegt, wie wir mit den vielen Herausforderungen, die sich für den Stadtbezirk Anfang der 2010er-Jahre abzeichneten, umgehen sollten. Die Einwohnerzahl nahm ab und die langfristigen Prognosen deuteten auf einen weiteren Rückgang hin. Zudem wollten wir uns in unserem Stadtteil darauf einstellen, dass der Anteil der Senioren wachsen würde und sich die Wünsche und Erwartungen an das Wohnumfeld veränderten (Akteursworkshop). Die Wirtschaftskraft nahm ab und der Leerstand an Wohnungen und Ladenlokalen nahm zu (GP 4,5 7,8,9,13,15). Schließlich wurde auch das Problem des Klimawandels immer offensichtlicher und die Politik setzte engagierte Ziele zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (GP 5,8,13). Wir haben uns daher gefragt, wie wir konkret in Vohwinkel reagieren können. Eigentlich ist reagieren schon das falsche Wort. Wir wollten agieren, bevor sich die Situation zuspitzen würde und unser Handlungsspielraum abnahm.

**Reporterin:** Was haben Sie unternommen? Wie haben Sie den Prozess gestaltet?

**Herr Bülent:** Wir haben uns viele Male in Workshops und zu Diskussionsveranstaltungen getroffen, um über die Probleme und Gestaltungsmöglichkeiten der Zukunft zu sprechen. Wir sahen zum Beispiel die Gefahr, dass trotz des Einwohnerverlustes unsere Nachfrage nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen pro Kopf steigen würde, einfach weil die strukturellen Gegebenheiten dies fördern. Nehmen wir beispielsweise den Bereich Wohnen. Das können wir hier in Osterholz gut deutlich machen. Wir fahren mit den Pedelecs ein wenig durch das Wohngebiet. Es gibt ein Ein- und Zweifamilienhausgebiet aus den 1950er und 60er-Jahren, ein Gebiet mit vielen Reihenhäusern und mehrere Mehrfamilienhausgebiete, die aus den 1970er bis 1990er-Jahren stammen. Osterholz ist seit jeher ein Quartier, in dem viele Familien leben. So ist das auch heute noch, aber die durchschnittliche Größe der Familien hat abgenommen. Außerdem leben hier mittlerweile viele Paare, deren Kinder ausgezogen sind. Die Anzahl der Haushalte hat zwar abgenommen, aber längst nicht so stark wie die Einwohnerzahl. Im Ergebnis bedeutet das, dass die durchschnittliche Haushaltsgröße gesunken ist. Da die Neubaurate gering ist und die vorhandenen Wohneinheiten gleich groß sind, haben die bewohnten Quadratmeter pro Person und damit der Bedarf an Raumwärme pro Person zugenommen. Genau das soll also verhindert werden.

**Reporterin:** Das Problem haben fast alle Städte und Gemeinden. Was haben Sie für Lösungsvorschläge entwickelt?

**Herr Bülent:** Wir haben zum Beispiel ein sehr engagiertes Umzugsmanagement entwickelt, das seit 35 Jahren etabliert ist. In diesem Doppelhaus wohnen Bekannte von mir. Deren Kinder sind vor gut 10 Jahren ausgezogen. Ihre Haushälfte ist seit ein paar Jahren abbezahlt. Da wollen sie natürlich nicht sofort ausziehen. Die Nachbarin ist letzte Woche gestorben. Jetzt wohnt ihr Mann dort allein. Als die beiden Familien hier vor gut 20 Jahren einzogen, lebten in dem Doppelhaus 5 Kinder und 4 Erwachsene auf zusammen ca. 300 m<sup>2</sup>. Also gut 33 m<sup>2</sup> pro Person. Heute sind es 100m<sup>2</sup> pro Person. Das Haus ist vor ein paar Jahren saniert worden. Der Energieverbrauch und die laufenden Energiekosten halten sich seitdem in Grenzen. Das ist ein gutes Beispiel, wo unser Umzugsmanagement nun ansetzen könnte.

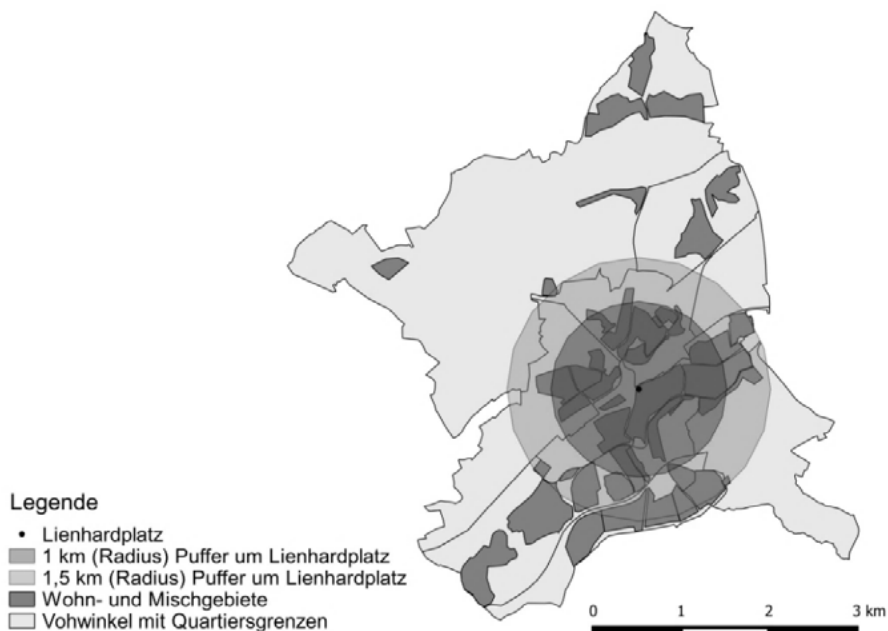
Wichtig war uns in dem Entwicklungsprozess, dass auch wirklich alle Akteure die Maßnahmen und Umgestaltung mittragen. Wir wollten, dass eine Mehrheit der Beteiligten sich gut vorstellen konnte, dass die Maßnahmen umgesetzt werden. Das Umzugsmanagement zählt dazu. Wir beabsichtigen damit zum einen, dass bei einer Verkleinerung der Haushaltsgröße, wie im geschilderten Fall, die pro Person bewohnten Quadratmeter gleich bleiben bzw. nicht automatisch steigen. Zum anderen möchten wir die Ansiedlung der Bevölkerung in zentralen Gebieten fördern, damit wir dort weiterhin eine hohe Einwohnerdichte mit kurzen Wegen behalten. Das Umzugsmanagement wird hauptsächlich durch bürgerschaftliches Engagement ge-

tragen. Aber auch von Seiten der Stadt bekommen wir Zuschüsse. Wir unterstützen Wohnungssuchende bei der Wahl einer neuen Wohnung und dann auch beim Umzug. Ob das nun in Bezug auf die Verringerung des motorisierten Verkehrs und die durchschnittlich bewohnten Quadratmeter viel gebracht hat, ist schwer zu sagen. Nach Expertenmeinung geht es zwar in die richtige Richtung, der Einspareffekt beim motorisierten Verkehr wird sowohl was die Wegelänge, als auch die Wegeanzahl angeht, vermutlich eher gering sein. In Bezug auf den Beitrag zur Reduzierung der Quadratmeter pro Person ist der Effekt wahrscheinlich schon ein bisschen größer (Anhang, Anlage 16 und Anlage 17).

**Reporterin:** Wie sind die zentralen Gebiete definiert, in denen sich die Bevölkerung verstärkt ansiedeln soll?

Es gibt keine offiziell ausgeschriebenen Gebiete. Vohwinkel-Mitte ist sehr zentral und hat eine längliche Form. Unser Kern, von dem sich Vohwinkel aus entwickelt hat, ist der Lienhard-Platz (vgl. Abbildung 39).

**Abbildung 39: MS-Szenario: Wohngebiete, in denen sich die Bevölkerung im Zuge des Umzugsmanagements in Vohwinkel verstärkt ansiedeln soll**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

Wir haben dann ganz pragmatisch zwei Kreis mit den Radien von 1 km und 1,5 km um den Lienhard-Platz gezogen. Das dient aber nur zur Orientierung. Letztendlich sind die Einwohner frei, ihren Wohnstandort zu wählen. Wir beraten und machen auf Vor- und Nachteile aufmerksam. Einige Akteure hätten damals gerne ein

städtebauliches Leitbild verabschiedet und konsequent umgesetzt, wie beispielsweise die Kontraktion, das heißt Schrumpfung von außen nach innen. Das wurde in den Diskussionen schnell als unrealistisch eingestuft (GP 8,10,11,12). Wir haben das dann auch nicht weiter verfolgt, auch wenn viele das als wünschenswert ansahen (GP 1,2,3,4,5,6,8,9,10,12,13,15). Wenigsten haben wir erreicht, dass die bebaute Fläche in den letzten 35 Jahren nicht mehr ausgeweitet wurde.

Ähnlich wie das Umzugsmanagement wird eine weitere Maßnahme, das Mobilitätsmanagement, von einem Akteursbündnis aus Bürgerschaft und Verwaltung getragen. Zudem sind die WSW mit dabei. In einem der vielen leerstehenden Landenlokale an der Kaiserstraße ist ein Büro eingerichtet, wo Bürger und Personen, die nach Vohwinkel ziehen möchten, zu Fragen rund um das Thema Mobilität beraten werden. Das ist wieder so eine weiche Maßnahme bei der die Wirkung auf die Wegelänge und -zahl mit motorisierten Verkehrsmitteln schwer abzuschätzen ist. Isoliert betrachtet, wird die Wirkung über die Jahre gesehen nicht allzu groß sein, aber die Maßnahme führt in die richtige Richtung (Anhang, Anlage 16).

Wir nutzen nun eine Fußgänger- und Fahrradbrücke nach Tesche, die vor ungefähr 20 Jahren über die Bahnstrecke nach Essen gebaut wurde. In Tesche gibt es einige Gebiete mit Blockrandbebauung, in Zeilenform und Reihenhäuser. Wir drehen mit unseren Pedelecs eine Runde durch das Quartier.

**Reporterin:** Welchen Vorteil besitzt das Konzept der Energiesuffizienz? Wo bestehen Unterschiede zu Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz?

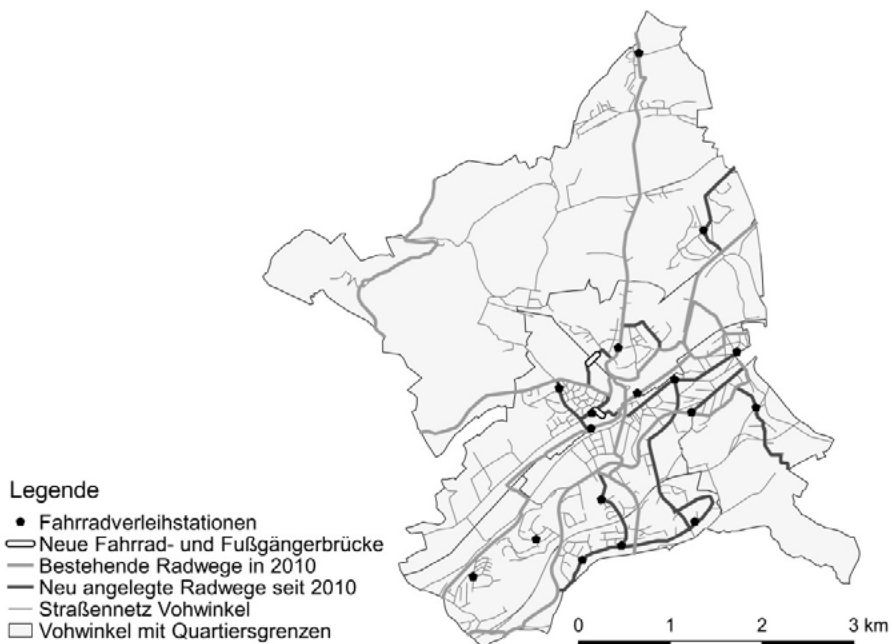
**Herr Bülent:** Energiesuffizienz kann sich jeder leisten und sofort im Alltagshandeln umsetzen, wenn die strukturellen Voraussetzungen stimmen. Bezüglich des Handlungsspielraums gibt es keinen Unterschied zwischen Arm und Reich oder Mieter und Vermieter. Aber grundsätzlich versuchen wir hier in Vohwinkel, alle drei Nachhaltigkeitskonzepte umzusetzen.

Zu den strukturellen Voraussetzungen möchte ich noch ein Beispiel geben: das bedeutet beispielsweise im Verkehrsbereich, dass die Ziele des Alltagsverkehrs wie Geschäfte, Post, Ärzte und Freizeiteinrichtungen so zu Wohnstandorten angeordnet sind, dass sie mit dem Fahrrad oder zu Fuß erreicht werden können. Allerdings muss ich auch sagen, dass eine Beeinflussung der lokalen Unternehmer in diese Richtung mehrheitlich als eher nicht bzw. nur unter Umständen realisierbar eingeschätzt wurde (GP 4,8,10,11,13). Es wäre natürlich schön, wenn das gelingen würde. Es gäbe auch Gestaltungsspielraum von Seiten der lokalen Politiker und Stadtverwaltung. Aber es müssten dann Maßnahmen eingeführt werden, die vielleicht nicht allen gefallen wie zum Beispiel eine Regulierung des Einzelhandelskonzeptes. Große Supermärkte mit riesigen Parkplatzflächen am Ortsrand würden dann zum Beispiel im Einzelhandelskonzept untersagt und kleine wohnstandortnahe Läden gefördert (GP 5,10). Ob die Menschen aber dann auch nicht-motorisierte Verkehrsmittel vermehrt nutzen, hängt wieder von einer Reihe anderer Faktoren ab.

**Reporterin:** Wovon würde das abhängen? Lassen sich diese Faktoren auf lokaler Ebene beeinflussen?

**Herr Bülent:** Abgesehen von der Lage im Stadtgebiet, der funktionalen Mischung sowie Dichte der Bebauung, also kurz gesagt, der räumlichen Gegebenheiten, ist ein wichtiger Faktor die Ausgestaltung der Infrastruktur für die einzelnen Verkehrsmittel. Das ist einer der Schwerpunkte unserer Suffizienzförderung in Vohwinkel, den wir in Tesche sehr gut beobachten können. Wir haben hier die Gegebenheiten für die Nahmobilität stark gefördert. Da ist zum einen die Verbesserung der Fußwegequalität (GP 5,6). Sie sehen, dass wir hier überall besonders breite Bürgersteige haben. Wir haben extra Fuß- und Radwege geschaffen, die zum Teil auch kürzere Verbindungswege ermöglichen (GP 5). Außerdem haben wir durch bürgerschaftliches Engagement einige Fußwege verbessert, also Hecken zurückgeschnitten, Beleuchtung mit Bewegungsmelder angebracht und vieles mehr (GP 10). Zum anderen haben wir die Gegebenheiten für den Radverkehr verbessert (GP 2, 5, 10,13,15). Dazu zählt neben dem Ausbau der Fahrradwege, die Erhöhung der Fahrradparkplätze und natürlich unser Fahrrad- und Pedelec-Verleihsystem mit 17 Stationen in ganz Vohwinkel, wo die Räder flexibel gemietet und zurückgegeben werden können (vgl. Abbildung 40).

**Abbildung 40: MS-Szenario: Infrastruktur Fahrrad im Jahr 2050 in Vohwinkel**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8



Das sind alles nur kleine Bausteine, die einzeln betrachtet langfristig nicht so eine große Reduktionswirkung entfalten, was die Wegezahl und Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln angeht. Ich würde sagen, dass die Förderung des Radverkehrs da schon die größte Wirkung zeigt, aber auch diese Effektivität ist als mittelstark zu bewerten (Anhang, Anlage 16).

Und dann haben wir uns noch mit großer Mehrheit für die Möglichkeit entschieden, den Raumwiderstand für den motorisierten Verkehr zu erhöhen. Das heißt, dass der Schnelligkeits- bzw. Zeitvorteil, der manche Leute dazu veranlasst hat, mal eben das Auto zu nehmen oder weil es so fix geht, mit dem Auto zum Supermarkt am Ortsrand zu fahren, nicht mehr zählt. Zum Beispiel ist die Kaiserstraße ab der Kreuzung Bahnstraße bis hin zur Haltestelle Bruch zwischen 10 Uhr und 16 Uhr zur Fußgängerzone umgestaltet worden (GP 5,7). Auch Geschwindigkeitsreduzierungen wurden schon vor langer Zeit umgesetzt. Die Effekte auf die Wegelänge und Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln sind isoliert betrachtet eher als gering einzuschätzen (Anhang, Anlage 16). Aber zumindest haben wir so Voraussetzungen geschaffen, die energiesuffizientes Verhalten im Verkehrsbereich fördern.

**Reporterin:** Sie haben jetzt Faktoren der Verkehrsentscheidung aufgezählt, die Sie direkt beeinflussen können. Aber gibt es nicht auch Entscheidungen, die jede Person für sich trifft oder die Handlungsspielräume der Person bestimmen?

**Herr Bülent:** Ja, die gibt es auch. Die fasse ich vereinfachend zu den persönlichen Präferenzen und Möglichkeiten der Einwohner zusammen. Dazu zählen die finanziellen Ressourcen, also das Budget, welches die Bewohner für Mobilität ausgeben können und wollen, wie z.B. Benzinkosten, Anschaffungskosten eines Autos oder eines Fahrrads, die Kosten für einen schnellen Internetanschluss und vieles mehr. Das darf man aufgrund der heutzutage hohen virtuellen Mobilität nicht außer Acht lassen. Außerdem zähle ich hierzu die körperliche Verfassung, also die Fitness und den allgemeinen Gesundheitszustand einer Person. Dann hängt natürlich auch viel von der Einstellung und Motivation der Personen ab, für welches Verkehrsverhalten sie sich entscheiden. Damit meine ich sowohl die Verkehrsmittelwahl als auch die Zielwahl. Und dann gibt es noch die Bewertung und Einschätzung des Mobilitätsverhaltens durch Freunde, Nachbarn, Kollegen und Verwandte. Zu einem Umdenken in der Gesellschaft hin zu energiesuffizientem Verkehrsverhalten ist es in größerem Umfang leider noch nicht gekommen (Akteursworkshop).

Wir geben nun unsere Fahrräder am Bahnhof ab und erkunden den südlichen Teil Vohwinkels mit Ihrem Auto. Dazu biegen wir auf die Bahnstraße ab und fahren geradeaus auf die Gräfrather Straße, bis wir rechts auf den Westring abbiegen. Von hier aus machen wir einen kleinen Abstecher durch die Ein- und Zweifamilienhausgebiete im Quartier Westring. An diesem Beispiel möchte ich auf eine alltagsweltliche Schwierigkeit bei der Umsetzung des theoretisch so interessanten Energiesuffizienzprinzips aufmerksam machen. Besonders der westliche Teil, der in

den 1970er-Jahren entstanden ist, liegt vom Stadtbezirkszentrum weit entfernt. Hinzu kommt, dass es sich um ein reines Wohngebiet ohne Einzelhandel oder Dienstleistungen handelt. Auch der Bus fährt nur noch ein Mal in der Stunde hier ab. Bald muss der Straßenbelag mal wieder komplett erneuert werden. Aus Sicht des Verkehrssystems und der Suffizienzorientierung im Personenverkehr würde es also durchaus sinnvoll sein, dieses periphere Wohngebiet zurückzubauen. Aus Raumwärmesicht muss aber auch angemerkt werden, dass hier Häuser stehen, die aus energetischer Sicht im Vergleich zu anderen Wohnhäusern besser darstehen. Die Eigenheimbesitzer, die zum überwiegenden Teil selbst in den Häusern wohnen, haben kontinuierlich in die Instandhaltung investiert. Wie sollen wir denen erklären, dass das Gebiet zurückgebaut werden soll? Nun biegen wir wieder auf den Westring ab und fahren nach Engelshöhe.

**Reporterin:** Ich muss sagen, dass Vohwinkel auch nach Süden noch recht weitläufig ist. Aber wie Sie gesagt haben, sind das hier im Gegensatz zu Tesche reine Wohngebiete. Genau das, was Sie eigentlich vermeiden wollen.

**Herr Bülent:** Ja, das stimmt. Zudem gibt es hier sehr flächendeckend verteilten Leerstand, sowohl in den Ein- und Zweifamilienhausgebieten, durch die wir vorhin gefahren sind, als auch in den Gegenden Engelshöhe und Elfenhang mit den großen Mehrfamilienhäusern in Zeilenform und den vereinzelt Punkthochhäusern (vgl. Abbildung 39: Gebiete im südlichen Vohwinkel, die außerhalb des 1,5 km Radius liegen). Aber was sollen wir machen, ein Abriss der Gebäude wird von den Eigentümern nicht gewünscht (GP 2,10).

**Reporterin:** Was für Strategien haben Sie neben dem Umzugsmanagement noch eingeführt, um die Nachfrage nach Raumwärme zu senken?

**Abbildung 41: Wohngebiete im südlichen Vohwinkel**



Quelle: eigene Aufnahme

**Herr Bülent:** Es gibt im Bereich der Raumwärme zwei Punkte, wo die privaten Haushalte ansetzen können. Neben den schon erwähnten beheizten Quadratmetern ist das die Wahl der Raumtemperatur. Erstens hat sich die große Mehrheit der Vohwinkeler vom Kipplüften verabschiedet und ist zum Stoßlüften übergegangen. Dadurch wird die Luft schneller ausgetauscht, Wärmeverluste werden verringert

und die Luft ist schneller mit Sauerstoff und Luftfeuchtigkeit angereichert. Zweitens gibt es mittlerweile viele Haushalte, die ihre Raumtemperaturwahl bewusst gesenkt haben und gemerkt haben, dass auch 19 oder 20 Grad als angenehm empfunden werden. Früher haben sich viele Leute einfach keine Gedanken über die Raumtemperatur gemacht. Heute sind sie viel sensibler. Und drittens ist das differenzierte Heizen selbstverständlich geworden (GP 4,6,9). Das heißt, es hat sich die nutzungsspezifische Raumtemperaturwahl durchgesetzt: Im Wohnzimmer wird in der Regel eine höhere Temperatur gewählt, als beispielsweise im Schlafzimmer oder in der Küche. Außerdem wird für die Nacht eine geringere Raumtemperatur eingestellt als tagsüber. Durch die Automatisierung der Lüftung und Raumtemperaturwahl ist das in Neubauten und vielen sanierten Gebäuden ganz einfach. Gefördert haben wir die Veränderung des Heizverhaltens durch zahlreiche Informationskampagnen, durch die Integration des Themas in die Schulbildung sowie durch Energiesparwettbewerbe (GP 10,11,12,15). Ich muss sagen, dass diese Maßnahmen auf lange Sicht schon einiges an Einsparpotenzial besitzen. Gerade die beiden Bereiche «bewusste Senkung der Raumtemperatur durch Umdenken» und das «differenzierte Heizen» haben durchaus ihre Wirkung gezeigt (Anhang, Anlage 17).

Wir sind mittlerweile über Höhe und Rosskamper Straße gefahren und biegen auf die Ehrenhainstraße ab. Nun kommen wir wieder an sehr heterogenen Wohngebieten mit differenzierter Eigentümerstruktur vorbei. Es hängt dabei wirklich viel vom Engagement der Hausbesitzer ab, wie und ob die Häuser saniert sind. Ab und an gibt es richtige Ruinenhäuser, aber niemand hat die Motivation, die Gebäude abzureißen. Der Abriss ist teilweise teurer als das Grundstück wert ist (GP 7). Man könnte sicherlich noch viel mehr erreichen, wenn Energiesuffizienz konsequenter umgesetzt würde und wir uns auch mal getraut hätten, über die weichen, fördernden Maßnahmen hinaus restriktivere Strategien einzuschlagen.

Wir biegen nun auf den Westring ab und gelangen über mehrere kleine Straßen wieder auf die Bahnstraße und auf den P&R-Parkplatz. Das ist etwas kompliziert und zeitaufwändig für den Autoverkehr, seitdem der westliche Teil der Kaiserstraße zur Fußgängerzone geworden ist. Zwischen 16 und 10 Uhr dürfen dort immerhin auch Fahrräder über den Radweg in der Mitte der Straße fahren. Ich hoffe, die Tour durch Vohwinkel hat Ihnen gefallen.

**Reporterin:** Ja, vielen Dank. Eine letzte Frage habe ich noch. Wie beurteilen Sie die vergangenen 40 Jahre in Vohwinkel unter dem Leitbild der energiesuffizienten Stadtentwicklung? Was haben Sie gelernt?

**Her Bülent:** Zunächst einmal ist zu sagen, dass wir das Konzept unter schwierigen Umständen eingeführt haben. Damals war der Weniger-Verbrauch noch nicht in der Alltagswelt der Akteure angekommen (GP 2). Zudem ist die Zukunft prinzipiell nicht vorhersehbar. Wir wussten nicht, ob Vohwinkel tatsächlich so viele Einwohner verliert (GP 8,14). Es gab auch immer wieder Jahre, in denen die Einwohnerzahl gestiegen ist. So konnten wir uns dann nur auf Maßnahmen einigen, die

größtenteils nicht die Schrumpfung adressierten. Sie können alle von uns gewählten Maßnahmen ebenso gut in stabilen oder wachsenden Stadtteilen umsetzen. Die Energiepreise unterlagen in der Vergangenheit starken Schwankungen. In Phasen günstiger Preise sahen viele keine Motivation zur Verhaltensänderung (GP 1,2,8,15). Und der Klimaschutzgedanke allein reicht nicht für die Suffizienzorientierung in der breiten Gesellschaft. Die Leute wollen konkrete Vorteile z.B. Kostenersparnisse spüren (GP 6). Ein Zusammenspiel vieler verschiedener Maßnahmen hätte die Strukturen so gestalten können, dass eine grundlegende Verhaltensänderung stattgefunden hätte. Wir hatten eine sehr lange Liste möglicher Maßnahmen in den Workshops ausgearbeitet. Insgesamt würde ich schätzen, dass wir mit den weichen Maßnahmen nicht einmal die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf stabilisieren konnten. Wir haben nur das Wachstum ein wenig abgeschwächt. Aber ehrlich gesagt, sind die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch die Effizienzsteigerung und die Nutzung erneuerbarer Energieträger bei der Raumwärme und im Verkehr wesentlich höher als die Einsparungen durch energiesuffizientes Verhalten. Immerhin ist in Vohwinkel die Luftverschmutzung durch den Verkehr gesunken, die Lärmbelastung hat abgenommen und wir haben weniger Verletzte im Straßenverkehr. Auch die Heizkosten für Raumwärme sind durch differenziertes Heizen gesunken. Ich kann nur empfehlen, eine konsequente Umsetzung der Energiesuffizienz zu fördern. Wir sind damals noch davor zurückgeschreckt. Aber der Klimawandel und die demographische Entwicklung haben uns letztendlich Recht gegeben.

**Reporterin:** Vielen Dank für das Interview.

#### *7.4.2 Moderates-Suffizienz-Szenario: Auswirkung auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen*

##### **Alltäglicher Personenverkehr**

Bei den meisten Maßnahmen, die die Hälfte der interviewten Akteure in Vohwinkel als gut umsetzbar halten, handelt es sich größten Teils, wie in Kapitel 7.4.1 beschrieben, um Pull-Maßnahmen (Förderung der Nahmobilität, Umzugsmanagement, Mobilitätsmanagement). Lediglich die Strategie «Erhöhung des Raumwiderstandes» ist eine restriktive Push-Maßnahme, die den motorisierten Verkehr verlangsamt.

Entsprechend der Indikatoren zur Messung energiesuffizienten Verhaltens wird bei der Analyse zwischen Auswirkungen auf die Wegelänge und Wegeanzahl unterschieden. Bei den drei oben genannten Pull-Maßnahmen wird allerdings bei keiner der somit entstehenden sechs Bewertungen eine 2/3 Mehrheit durch die abgegebenen Stimmen der Experten erreicht. Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass eine quantitative Abschätzung bei dieser Art von Maßnahmen über 20 bis 40 Jahre schwer möglich und mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Daher werden die drei Maßnahmen nicht mit in die Berechnung aufgenommen. Lediglich eine quantitative Abschätzung der Auswirkungen bei der Erhöhung des Raumwiderstandes auf die

Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln wurde von einer 2/3 Mehrheit der Experten vorgenommen. Im Gegensatz zu der qualitativen Abschätzung der Wirkungsrichtung, bei der der Beitrag der Maßnahme als vergleichsweise schwach förderlich zur Reduzierung der Wegezahls mit motorisierten Verkehrsmitteln eingeschätzt wird (ein Stern)<sup>9</sup>, wird das ungefähre Einsparpotenzial für beide Bewertungszeiträume auf durchschnittlich 2,1 % bis 4 % geschätzt. Während im Referenzszenario die Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Person und Tag mit 2,74 km konstant gehalten wird, nimmt sie im MS-Szenario auf einen Wert zwischen 2,69 km und 2,63 km (2030) und im Jahr 2050 auf 2,53 km bis 2,63 km ab. Dabei wird einmal mit dem untersten Bereich der Wirkungsabschätzung (2,1 %) durch die Experten und einmal mit dem obersten Wert (4 %) gerechnet. Daraufhin verringert sich bei der konservativen Schätzung der Verkehrsaufwand um gut 36 Mio. km im Zieljahr 2050 verglichen mit dem Wert im Referenz-Szenario. Bei der optimistischen Schätzung liegt er ca. 51 Mio. km niedriger. Tabelle 39 zeigt die Entwicklung zentraler Größen des Szenariopfades «Moderate-Suffizienz».

**Tabelle 39: MS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - zentrale Ergebnisse für die Indikatoren**

	Ø Wegelänge (km) mit motor. VM	Ø Wegezahl mit motor. VM	Verkehrsaufwand pro Kopf & Tag mit motor. VM	Jahresverkehrsaufwand der Vohwinkeler (km) mit motor. VM
2010	11,4	2,74	31,3	322.619.944
2030	12,4	2,59 - 2,68	32,2 - 33,3	289.091.762 - 299.274.662
2050	13,6	2,49 - 2,63	33,7 - 35,6	271.260.647 - 286.380.829

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung (gerundete Werte)

Tabelle 40 zeigt, dass die Energienachfrageentwicklung der Vohwinkeler Bevölkerung vom Startjahr 1990 bis zum Zieljahr 2050 zwischen 63 % und 65 % abnimmt. Pro Person liegt die Abnahme im Spektrum zwischen 49 % und 52 %. Aufgrund der konservativen und optimistischen Wirkungsabschätzung durch die Experten ist eine Bandbreite für die Zukunft berechnet worden.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürger gehen den Berechnungen zufolge zwischen 1990 und 2050 etwas stärker als die Energienachfrage um 66 % - 67 % zurück. Pro Person beläuft sich der Rückgang aufgrund der Bevölkerungsabnahme auf 52 % - 55 % (vgl. Abbildung 42).

Aufgrund der Kriterien, die aufgestellt wurden, um beim MS-Szenario ein Bild zu schaffen, das einen großen Konsens der Vohwinkeler Akteure abbildet und gleichzeitig unter den Verkehrsexperten bei der Möglichkeit der quantitativen Abschätzung der Wirkung eine breite Mehrheit findet, wird lediglich eine Maßnahme (Erhöhung des Raumwiderstandes) bezogen auf ein Kriterium (Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln) in die Kalkulation aufgenommen. Das bedeutet,

<sup>9</sup> Siehe Anhang, Anlage 13 Auswertung zur Wirkungsrichtung

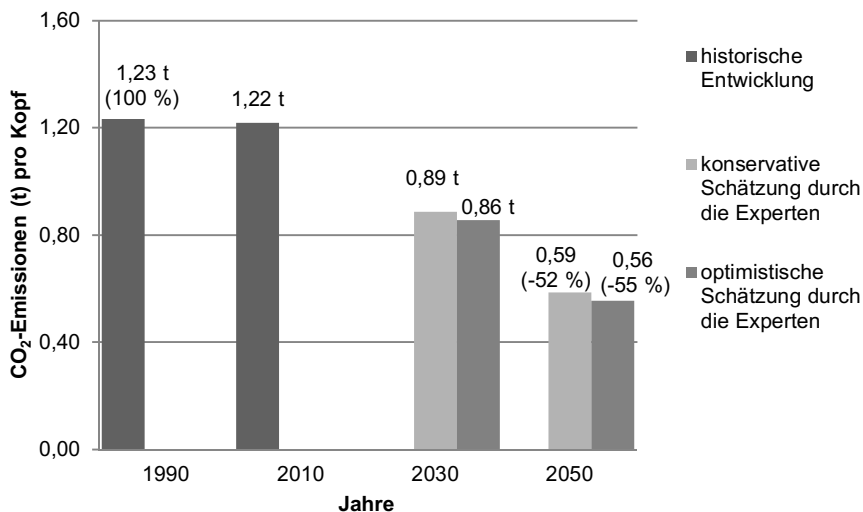
dass die drei Pull-Maßnahmen ebenfalls Einspareffekte erzielen können. Sie werden hier aber nicht quantifiziert. Besonders dem Radverkehr wird eine mindernde Wirkung auf den motorisierten Verkehr zugesprochen (Auswertung siehe Anhang, Anlage 16).

**Tabelle 40: MS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen absolut und pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung zwischen 1990 und 2050**

	1990	2010	2030	2050	Veränderung 1990-2050
Energienachfrage aller Vohwinkeler Bürger für alltäglichen Personenverkehr (GWh/a)	171	157	97 - 101	60 - 63	minus 63 % -65 %
Energienachfrage pro Kopf für alltäglichen Personenverkehr (MWh/a)	5,11	5,08	3,61 - 3,74	2,47- 2,60	minus 49 % - 52 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen aller Vohwinkeler Bürger für alltäglichen Personenverkehr (t/a)	41.240	37.802	23.128 - 23.942	13.427 - 14.157	minus 66 % - 67 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für alltäglichen Personenverkehr (t/a)	1,23	1,22	0,86 - 0,89	0,56 - 0,59	minus 52 % -55 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

**Abbildung 42: MS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Aufgrund der Kriterien, die aufgestellt wurden, um beim MS-Szenario ein Bild zu schaffen, das einen großen Konsens der Vohwinkeler Akteure abbildet und

gleichzeitig unter den Verkehrsexperten bei der Möglichkeit der quantitativen Abschätzung der Wirkung eine breite Mehrheit findet, wird lediglich eine Maßnahme (Erhöhung des Raumwiderstandes) bezogen auf ein Kriterium (Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln) in die Kalkulation aufgenommen. Das bedeutet, dass die drei Pull-Maßnahmen ebenfalls Einspareffekte erzielen können. Sie werden hier aber nicht quantifiziert. Besonders dem Radverkehr wird eine mindernde Wirkung auf den motorisierten Verkehr zugesprochen (Auswertung siehe Anhang, Anlage 16).

### **Sensitivitätsrechnung zum Wohnflächenmoratorium**

Eine Maßnahme, die sowohl im Raumwärme- als auch im Verkehrsbereich aufgrund der Expertenbefragung als strategisch besonders relevant einzuschätzen ist, ist das Wohnflächenmoratorium (WFM). Im Verkehrsbereich geben 5 von 10 Experten dieser Maßnahme eine Priorität bei der Umsetzung. Außerdem quantifizieren mehr als 2/3 von ihnen diese Maßnahme für beide Bewertungszeiträume (2011-2030 und 2030-2050) und Kategorien (Wegelänge und -zahl). Bei den Akteuren vor Ort wird diese Maßnahme zwar als interessant eingeschätzt, aber die Umsetzbarkeit wird von mehreren kritisch bewertet.

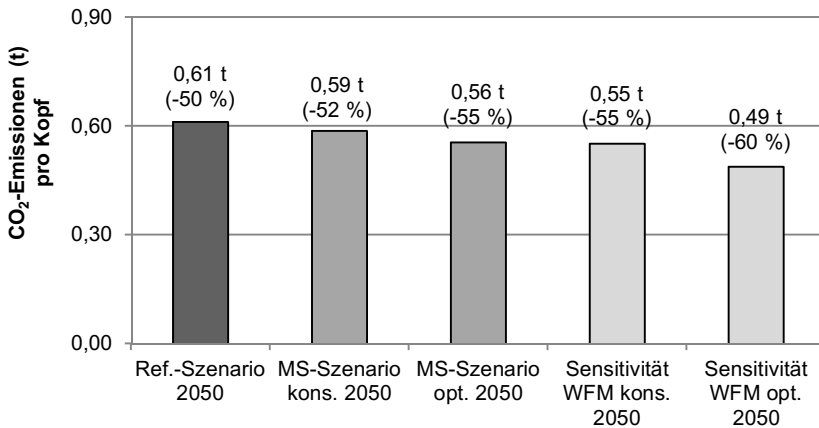
Um den Einspareffekt dieser Maßnahme zu untersuchen, wird auf Grundlage des MS-Szenarios eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der das WMF zusätzlich eingeführt wird. Die Kalkulation ergibt, dass die Energienachfrage zwischen den Jahren 1990 und 2050 um 65 % bis 69 % abnehmen würde. Pro Kopf bedeutet dies eine Reduzierung um 52 % bis 58 %. Dabei markiert das Spektrum der Einspareffekte wiederum die konservativen und die optimistischen Wirkungsabschätzung durch die Experten. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürger würden laut Berechnung im selben Zeitraum um 68 % bis 71 % zurückgehen. Pro Kopf belief sich die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 55 % bis 60 %.

In Abbildung 43 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bürger für alltäglichen Personenverkehr im Jahr 2050 der bislang dargestellten Szenarien verglichen.

Während im Startjahr 1990 die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf noch 1,23 t betrugen, gehen sie in allen Szenariopfaden bis zum Jahr 2050 stark zurück. Beim MS-Szenario mit konservativer Wirkungsabschätzung der Energiesuffizienz-Maßnahmen durch die befragten Experten werden im Jahr 2050 verglichen mit dem Referenz-Szenario lediglich 0,02 t CO<sub>2</sub>-Emissionen zusätzlich eingespart. Die prozentuale Minderung steigt, im Vergleich zum Startjahr 1990, von 50 % (Referenz-Szenario) auf 52 % (MS-Szenario konservative Expertenschätzung). Bei optimistischer Schätzung wird eine Reduktion von 55 % erreicht. Wird zusätzlich zu den Energiesuffizienz-Maßnahmen im MS-Szenario noch das von den Experten mit hoher Umsetzungspriorität bewertete Wohnflächenmoratorium (WFM) eingeführt, liegt die Einsparung bei konservativer Schätzung nur minimal über den Werten des

MS-Szenarios (opt.). Nur bei optimistischer Wirkungsabschätzung der Maßnahme WFM wird eine deutliche Einsparung von zusätzlich 5 % im Vergleich zum MS-Szenario opt. erreicht. In diesem Fall würde ein Reduktionserfolg von zusätzlich 10 % zum Referenz-Szenario erzielt.

**Abbildung 43: Alltäglicher Personenverkehr in Vohwinkel: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf im Jahr 2050 in verschiedenen Szenarien**



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung; Prozentwerte in Klammern sind die Reduktionen im Vergleich zum Startjahr 1990

### Raumwärme privater Haushalte

Bei den Strategien, die die Hälfte der interviewten Akteure in Vohwinkel für Raumwärme privater Haushalte als «gut umsetzbar» ansehen, handelt es sich ausnahmslos um Pull-Ansätze.

Zur Reduzierung der durchschnittlich bewohnten und beheizten Quadratmeter wurden nach dem oben genannten Kriterium die Strategien «Umsetzung flexibler Wohnformen» und «Umzugsmanagement/Wohnungstauschbörse» für das MS-Szenario ausgewählt. Da zwei Drittel der Experten lediglich den Effekt der erstgenannten Strategie quantitativ abgeschätzt haben, wurde sie in das quantitative Szenario mit aufgenommen. Das Einsparpotenzial auf die Quadratmeter wurde für die beiden Bewertungszeiträume mit 1,1 % bis 2 % geschätzt.

Ein deutlich höheres Einsparpotenzial wird den beiden als «gut umsetzbar» und quantifizierbar eingeschätzten Strategien zur Reduktion der durchschnittlichen Raumtemperatur zugesprochen. Hierbei handelt es sich um die Strategien «Bewusste Senkung durch Umdenken» sowie «Stoßlüften, wenn dadurch eine geringere Temperatur als behaglich empfunden und gewählt wird». Bei der ersten Strategie wird laut Delphi-Befragung für beide Bewertungszeiträume von einem Einsparpotenzial von 3,1 % bis 4 % ausgegangen. Bei der zweiten Strategie ist ein Reduktionspotenzial von 2,1 % bis 3 % möglich. Da weniger als 2/3 der Experten die Stra-



ategie «Differenziertes Heizen» quantitativ bewertet haben, ist sie nicht in die quantitative Abschätzung mit aufgenommen worden, obwohl mehr als die Hälfte der lokalen Akteure sie als «gut umsetzbar» bewerten. Informationskampagnen, Beratung bei Umbau und Neubau, Wissensvermittlung über Energiesuffizienz im Schulbereich und Wettbewerbe zählen zu den konkreten Maßnahmen, mit denen die Strategien gefördert werden.

Während im Referenzszenario die durchschnittliche Raumtemperatur mit 20,5 °C konstant bleibt, nimmt sie im MS-Szenario auf einen Wert zwischen 19,1 und 19,4 °C ab. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass die Strategien zwischen 2010 und 2030 sowie 2030 und 2050 die gleiche Wirkung behalten. Die durchschnittlich pro Kopf bewohnten und beheizten Quadratmeter steigen etwas langsamer als im Referenzszenario. Sie nehmen auf einen Wert zwischen 42,6 m<sup>2</sup> (konservative Schätzung) und 43, 4 m<sup>2</sup> (optimistische Schätzung) bis zum Jahr 2050 zu.

Tabelle 41 zeigt die Entwicklung der beiden Indikatoren zur Messung von Energiesuffizienz im Raumwärmebereich privater Haushalte in Vohwinkel für das MS-Szenario.

**Tabelle 41: MS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der Indikatoren in Vohwinkel**

	Ø bewohnte und beheizte Wohnfläche pro Kopf (m <sup>2</sup> )	Ø Raumtemperatur (°C)
2010	37,3	20,5
2030	40,6 – 41,0	19,1 - 19,4
2050	42,6 – 43,4	19,1 - 19,4

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung (gerundete Werte)

Ein Vergleich der Energienachfrageentwicklung aus dem Startjahr 1990 mit dem Zieljahr 2050 ergibt, dass die Gesamtenergienachfrage der Vohwinkeler Bevölkerung zwischen 69 % und 70 % abnimmt. Pro Kopf liegt die Abnahme im Spektrum zwischen 57 % und 59 % (vgl. Tabelle 40). Aufgrund der konservativen und optimistischen Wirkungsabschätzung ist eine Bandbreite für die Zukunft berechnet worden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürger gehen den Berechnungen zufolge zwischen 1990 und 2050 um 78 % bis 79 % zurück. Pro Kopf beläuft sich der Rückgang aufgrund der Bevölkerungsabnahme auf 70 % bis 71 %.

Aufgrund der Konsensorientierung bei den Akteuren und dem Ziel, nur solche Strategien zu quantifizieren, die von einer großen Mehrheit der Experten abgeschätzt wurde, sind im MS-Szenario nur drei von fünf Strategien (Flexible Wohnformen, Senkung der Raumtemperatur durch Umdenken/Achtsamkeit und Stoßlüften) in die Berechnung mit eingeflossen. Das bedeutet, dass die beiden Strategien «Umzugsmanagement/Wohnungstauschbörse» und «Differenziertes Heizen» natürlich ebenfalls Einspareffekte erzielen können. Besonders der letztgenannten Strategie

gie wird eine mindernde Wirkung auf die Raumtemperatur zugesprochen (vgl. Anhang, Anlage 17). Sie werden hier aber nicht quantifiziert, da weniger als 2/3 der Experten die Strategien für beide Betrachtungszeiträume bewertet haben.

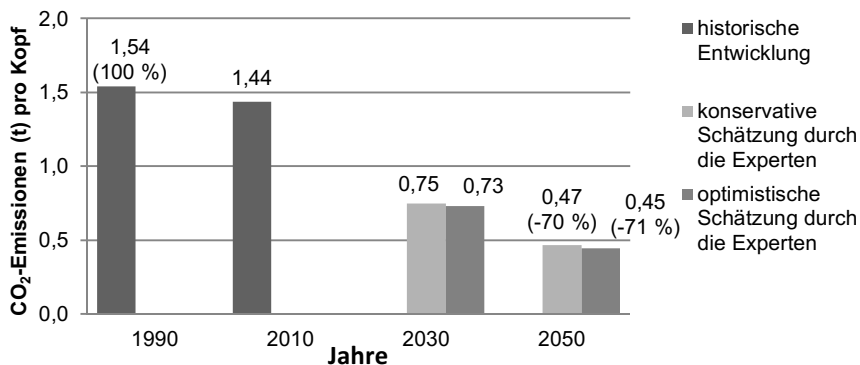
**Tabelle 42: MS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 bis 2050 in Vohwinkel**

	1990	2010	2030	2050	Veränderung 1990-2050
Energienachfrage der Vohwinkeler Bürger für Raumwärme (GWh/a)	174	155	84 - 87	52 -55	minus 69 % - 70 %
Energienachfrage pro Kopf für Raumwärme (MWh/a)	5,2	5,0	3,1 - 3,2	2,2 - 2,3	minus 57 % - 59 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen der Vohwinkeler Bürger für Raumwärme (t/a)	51.451	44.533	19.708 - 20.304	10.771 - 11.273	minus 78 % - 79 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für Raumwärme (t/a)	1,54	1,44	0,73 - 0,75	0,45 - 0,47	minus 70 % - 71 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Abbildung 44 zeigt den Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung für Raumwärme privater Haushalte.

**Abbildung 44: MS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

### Sensitivitätsrechnung zum Wohnflächenmoratorium

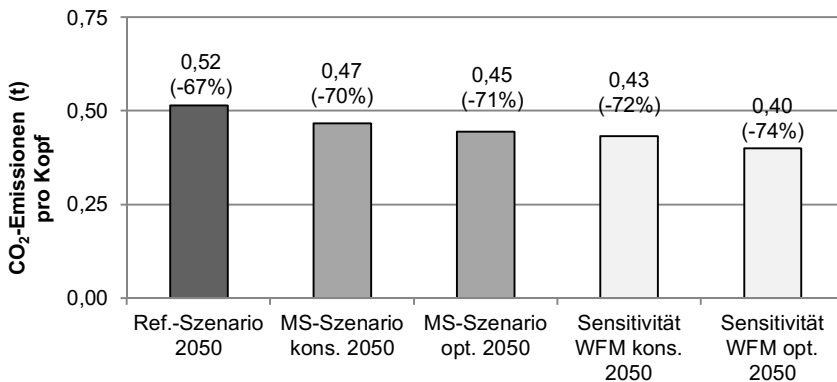
Das Wohnflächenmoratorium (WFM) ist, besonders aufgrund der Expertenbefragung, als strategisch relevant für die Energiesuffizienz fördernde Stadtentwicklung einzuschätzen. Im Raumwärmebereich privater Haushalte geben, genau wie beim alltäglichen Personenverkehr, 5 von 10 Experten dieser Maßnahme eine Priorität bei der Umsetzung. Für den Zeitraum der Jahre 2030 bis 2050 quantifizieren

mehr als 2/3 von ihnen diese Maßnahme beim Indikator bewohnte und beheizte Quadratmeter pro Kopf. Die Akteure vor Ort schätzen diese Push Maßnahme zwar als interessant ein, aber die Umsetzbarkeit wird von mehreren kritisch bewertet. Bezogen auf die Wirkungsrichtung bewerten die Experten die Maßnahme für beide Betrachtungszeiträume mit drei von vier möglichen Sternen, was verglichen mit den anderen Strategien und Maßnahmen eine hohe Wirksamkeit bedeutet.

Um den Einspareffekt dieser Maßnahme zu untersuchen, wird auf Grundlage des MS-Szenarios eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der das Wohnflächenmoratorium zusätzlich eingeführt wird. Ab dem Jahr 2030 werden die Einspareffekte quantifiziert. Die Kalkulation ergibt, dass die Endenergienachfrage zwischen 1990 und 2050 um 71 % bis 73 % abnehmen würde. Pro Person bedeutet dies eine Reduzierung um 60 % bis 63 %. Dabei markiert das Spektrum der Einspareffekte wiederum die konservativen und die optimistischen Wirkungsabschätzung. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürger würden laut Berechnung im selben Zeitraum um 80 % bis 81 % zurückgehen. Pro Person beliefe sich die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 72 % bis 74 %. Damit können mit der Maßnahme Wohnflächenmoratorium 2 bis 4 Prozentpunkte Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen zusätzlich zum MS-Szenario eingespart werden.

In Abbildung 45 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf für Raumwärme privater Haushalte in Vohwinkel im Jahr 2050 der bislang dargestellten Szenarien verglichen.

**Abbildung 45: Raumwärme privater Haushalte: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung im Jahr 2050 in verschiedener Szenarien**



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung; Prozentwerte in Klammern sind die Reduktionen im Vergleich zum Startjahr 1990

Im Startjahr 1990 lagen die CO<sub>2</sub>-Emissionen noch bei 1,54 t pro Kopf. Sie gehen in allen Szenariopfaden um mehr als 2/3 zurück. Die Werte in den verschiedenen Szenarien im Jahr 2050 unterscheiden sich deutlich weniger voneinander.

Beim MS-Szenario mit konservativer Wirkungsabschätzung der Energiesuffizienz-Maßnahmen durch die befragten Experten werden im Vergleich zum Referenz-Szenario nur 0,05 t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf zusätzlich eingespart. Die prozentuale Minderung steigt, verglichen mit dem Startjahr 1990, von 67 % (Referenz-Szenario) auf 70 % (MS-Szenario konservative Expertenschätzung). Bei optimistischer Schätzung wird eine Reduktion von 71 % erreicht. Wird zusätzlich zu den Energiesuffizienz-Maßnahmen im MS-Szenario noch das von den Experten mit hoher Umsetzungspriorität bewertete Wohnflächenmoratorium (WFM) eingeführt, liegt die Einsparung in Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf bei konservativer Schätzung nur ein bis zwei zusätzlichen Prozentpunkten über den Werten des MS-Szenario. Nur bei optimistischer Wirkungsabschätzung wird eine Einsparung von zusätzlich 3 Prozentpunkten im Vergleich zum MS-Szenario opt. erreicht. In diesem Fall würde ein Reduktionserfolg von zusätzlich 7 Prozentpunkten zum Referenz-Szenario erzielt. Beim WFM ist zu bedenken, dass das tatsächliche Umsetzungspotenzial der Maßnahme von den lokalen Akteuren kritisch eingeschätzt wurde. Der Vergleich der Szenarien zeigt, dass durch die bislang eingeführten Energiesuffizienz-Maßnahmen zwar eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Einsparung erreicht werden kann, der Unterschied zum Referenzszenario aber bei den beiden Schätzungen im MS-Szenario recht gering ist. Die von der Politik und Wissenschaft geforderten Minderungsziele werden nicht erreicht.

## 7.5 Transition-to-Sufficiency (TTS)-Szenario

Das Transition-to-Sufficiency (TTS)-Szenario stellt die Phase der Visionsentwicklung aus dem *transition enabling cycle* dar. Dabei geht es um partizipativ erarbeitete Maßnahmen, Wege und Bilder für den Transition-Prozess, die in die gewünschte, normativ geprägte Richtung führen (vgl. Kapitel 3.1). Innerhalb des *transition scenarios* werden in diesem Unterkapitel **Schritt 3: Bild(er) von einem wünschenswerten, nachhaltigen, zukünftigen System** als Bezugspunkt für die strukturellen Wandlungsprozesse und **Schritt 4: Definition der nötigen Strukturveränderungen** in den Bereichen Kultur, Struktur und Praktiken ausgearbeitet (vgl. Kapitel 4.2.3). Dabei ist vorab noch einmal zu betonen, dass die Zukunft nicht als empirische Realität verstanden wird, sondern als gemeinsam entwickelte Vision, die entscheidende Strukturen und Prozesse identifiziert und miteinander verbindet, um den Übergang der Gesellschaft zu einer langfristig nachhaltigen, energiesuffizienten Lebensweise zu ermöglichen. Es geht also um die Initiierung eines grundlegenden Wandels des als nicht nachhaltig einzustufenden heutigen Systems. Die Frage ist, wie eine Zukunft in Vohwinkel vor dem Hintergrund der gesetzten Rahmenbedingungen aussehen würde, wenn energiesuffizientes Verhalten konsequent ermöglicht und umgesetzt würde.

### 7.5.1 Transition-to-Sufficiency-Szenario: Qualitatives Bild

Das qualitative Bild von Vohwinkel im Jahr 2050 besteht wieder aus zwei Bausteinen. Zum einen wird ein fiktives Interview mit der Bezirksbürgermeisterin von Vohwinkel im Jahr 2050 geführt, die die Veränderungen der vergangenen vier Jahrzehnte Revue passieren lässt. Zum anderen werden Karten eingestreut, die die strukturellen Anpassungen visualisieren. Ziel ist es, die Ergebnisse des Gedankenexperimentes und des Akteursworkshops zu veranschaulichen und zu verorten.

**Reporter:** Guten Tag Frau Grimm. Vielen Dank, dass Sie sich heute, am 27.05.2050, Zeit für ein Gespräch mit mir nehmen. Vor 200 Jahren wurde der Bahnhof Vohwinkel eröffnet. Damals begann die Entwicklung vom Gutshof mit Herbergsbetrieb zur Siedlung. Seither hat Vohwinkel eine wechselvolle Geschichte durchlaufen. Nachdem Anfang der 1990er-Jahre der höchste Einwohnerstand erreicht wurde, hat die Bevölkerung nun auf gut 24.000 Einwohner abgenommen. Dass dieser Rückgang kein Nachteil sein muss, hat Vohwinkel eindrucksvoll bewiesen. Heute gilt der westlichste Stadtteil Wuppertals als Vorzeigebispiel in Sachen Energiesuffizienzorientierung unter Schrumpfungsbedingungen. Warum haben Sie diesen Ort, ein Café am Bahnhofsvorplatz, für ein Treffen ausgewählt?

**Frau Grimm:** Ich haben mich bewusst für einen Treffpunkt am Bahnhof entschieden. Hier möchte ich kurz von einigen Meilensteinen erzählen, bevor wir uns dann zu unserer Tour aufmachen, denn dadurch machen Sie sich selbst am besten ein Bild. Der Vohwinkeler Bahnhof war eines der ersten Projekte, bei dem durch bürgerschaftliches Engagement ein vormaliger Brennpunkt mit viel leerstehenden Länden zu einem beliebten Treffpunkt und Einkaufsort geworden ist (GP 7). Der Bahnhof ist aber auch zum Sinnbild für die Vielfalt und Wahlfreiheit der Verkehrsmittel geworden. Auch wenn wir kurze und klimaneutrale Wege mit dem Fahrrad oder zu Fuß konsequent fördern, so sind für längere Distanzen immer noch motorisierte Verkehrsmittel von Bedeutung, um in andere Stadtbezirke Wuppertals oder außerhalb der Stadt zu fahren. Der Bahnhof ist ein Knotenpunkt für die multimodale Fortbewegung (GP 13): S-Bahn, Regionalbahn, Busse, E-Busse, ein Pedelec- und Fahrradverleih, eine *car-sharing*-Station, viele Fußwege und der große Park & Ride (P&R)-Parkplatz sind hier auf engem Raum verbunden. Mit unserem kostenpflichtigen P&R-Parkplatz erzielen wir Erlöse, mit denen wir einige Suffizienz-Maßnahmen im Stadtbezirk fördern. Wir haben ein System stark gestaffelter Parkgebühren und Parkplatzangebote (GP 3,7,10,13). Gut 300 der ca. 1.000 Parkplätze nahe am Eingang zum Bahnhof sind für *Car-sharing*-Autos verschiedener Systeme wie *free-floating*, Stadtteil-Autos und stationäre Systeme reserviert. Hier sind die Parkgebühren am geringsten bzw. kostenfrei für Autos des stationären Systems. Weitere 300 Parkplätze sind für Pkw mit alternativen Antriebstechnologien ausgewiesen wie z.B. Elektrofahrzeuge, Autos mit Wasserstoffantrieb oder Biogas. Die Parkgebühren sind hier etwas höher. Dann haben wir noch 300 Parkplätze für alle Autos mit einem Ausstoß von unter 80 g CO<sub>2</sub>/km. Hier steigen die Gebühren

dann schon merklich an. Die restlichen 100 stehen allen Pkw zur Verfügung. Allerdings sind die Gebühren hier gut doppelt so hoch wie bei der vorherigen Kategorie. Außerdem ist der Weg zu den Gleisen am weitesten.

**Reporter:** Das sind ja schon interessante Maßnahmen, von denen Sie berichten. Vielleicht können Sie zunächst noch erzählen, wie es zu dieser Orientierung zu Energiesuffizienz unter Schrumpfungsbedingungen gekommen ist?

**Frau Grimm:** Der Weg, den unser Stadtbezirk in den vergangenen 40 Jahren beschritten hat, war kein einfacher. Wir haben hier immer wieder mit allen Akteursgruppen diskutiert und überlegt, wie wir unseren Stadtteil gestalten wollen und wo wir überhaupt auf lokaler Ebene Einflussmöglichkeiten haben. Manchmal kam uns dann der Stadtrat, die Landesregierung oder der Bund zur Hilfe, wenn es darum ging, gesetzliche Rahmenbedingungen oder Förderinstrumente zu schaffen wie beispielsweise unser Wohnflächenmoratorium, das Abrissprogramm oder auch unser Sanierungsprogramm (GP 3,4,5,8,12,14,15). Wir hatten natürlich auch die allgemeinen Zielsetzungen 80 % bis 95 % THG-Emissionen einzusparen. Manchmal wird dieses Ziel bei Städten auf CO<sub>2</sub>-Emissionen übertragen, da sie bei den energiebedingten Emissionen die größten Anteile haben. Das geschah auch bei uns. Mit der Zeit wurde allgemein deutlich, dass das Ziel allein mit der Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz nicht erreicht werden würde. Mein Vorgänger, Herr Giessing, hat daher angeregt, nach neuen bzw. zusätzlichen Lösungswegen zu suchen. Ein wichtiger Meilenstein war die Akzeptanz, dass in Vohwinkel die Einwohnerzahl langfristig sinken wird. Auch wenn dieser Trend für einige Zeit ab Mitte der 2010er-Jahre unterbrochen war, sind rückblickend die Prognosen von 2010 eingetreten. Wir wollten diese Schrumpfung als Chance nutzen, unsere Stadtstruktur so umzugestalten und den Leerstand an Wohnungen und Ladenlokalen so zu nutzen, dass dies zum klimaneutralen und energiesuffizienten Leben unserer Bürger ein Stück weit beiträgt.

**Reporter:** Welche Teilsysteme der Energienachfrage standen und stehen im Fokus?

**Frau Grimm:** Zunächst einmal haben wir uns auf die Energienachfrage privater Haushalte konzentriert. Hier wurden Schwerpunkte auf zwei Bereiche gelegt: zum einen auf den Personenverkehr, in erster Linie den alltäglichen Personenverkehr, und zum anderen auf die Raumwärme aus dem Bereich Bauen und Wohnen. Dafür sprachen verschiedene Gründe. Erstens haben beide Sektoren einen großen Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Stadt und besonders bei den privaten Haushalten. Zweitens haben Entwicklungen in diesen beiden Sektoren Auswirkungen auf die räumliche Struktur unseres Stadtteils und andersherum besteht durch raumstrukturelle Maßnahmen die Möglichkeit, die Energienachfrage zu beeinflussen. Es gibt hier also einigen Handlungsspielraum auf lokaler Ebene. Drittens wurden das Verkehrs- und das Wärmesystem als Felder definiert, bei denen die viel diskutierte Energiewende zu Beginn der 2010er-Jahre im Gegensatz zum Strombereich noch

hinter den politischen Zielen wie beispielsweise beim Ausbau der erneuerbaren Energien zurück blieb. Und viertens konnten wir in diesen Bereichen eine Vielzahl von lokalen Akteuren und eigene Handlungsmöglichkeiten identifizieren und für das Thema Energiesuffizienz begeistern. Ein weiterer wichtiger Meilenstein war dann die Einigung auf das Leitbild «Energiesuffizientes Leben in der Stadt». Nachdem wir uns das Leitbild zur Weiterentwicklung des Stadtbezirks gegeben hatten, war es natürlich von Vorteil, dass ein Jahr später der Bürgerentscheid in Wuppertal das Leitbild für die gesamte Stadt angenommen hat.

**Reporter:** Wie würden Sie das Leitbild mit drei Schlagworten beschreiben? Was genau kann man sich darunter vorstellen?

**Frau Grimm:** Das erste Schlagwort ist die **alten- und kindergerechte (Stadtteil) Strukturentwicklung** (GP 9,10,14 sowie Diskussion im Workshop). Dabei geht es sowohl um die Verkehrs- als auch um die Gebäudestruktur bzw. Lage der Gebäude im Stadtbezirk. Im Verkehrsbereich bedeutet dies eine konsequente fußgänger- und fahrradfreundliche Stadtstruktur (GP 10). Dazu haben wir zum einen bei der Gestaltung der Verkehrswege angesetzt: mehr Fahrradwege, flächendeckende Tempo 30-Zonen, breitere Bürgersteige, Straßenverengungen besonders im Kreuzungsbereich (GP 5,7). Zum anderen setzen wir auf eine Gestaltung des Quell- und Zielverkehrs. Das betrifft besonders die alltäglichen Ziele, die wir ansteuern, wie Einkaufsläden, Ärzte, Banken, Schulen, Kindergärten und Freizeitziele. Hier achten wir auf eine gute Mischung und Lage im Bezirk, damit möglichst kurze Wege von Senioren und Kindern zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Davon profitieren natürlich alle Altersgruppen und sozialen Schichten.

Alten- und kindergerecht im Bereich Bauen und Wohnen bedeutet, dass wir in Vohwinkel ein großes Angebot an barrierefreien Wohnungen verschiedener Größe, Senioren-WGs und Mehrgenerationenwohnen entwickelt haben. Gleichzeitig haben wir Strategien umgesetzt, die sich an Senioren richten, die ihre Wohnsituation verändern wollten. Das reicht von einem Umzugsmanagement über eine Wohnungstauschbörse bis hin zur fachlichen Beratung und zur Hilfestellung bei der Beantragung von Fördergeldern vom Land bei der Aufteilung von Ein- und Zweifamilienhäusern in mehrere Wohneinheiten. Diese Angebote stehen natürlich wieder allen Bürgern offen, wir haben aber einen Schwerpunkt auf Senioren gelegt.

Auch wenn die Vermeidung bzw. Verringerung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen und dadurch bedingt von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vordergrund stehen, haben wir mit der Zeit weitere Vorteile des Leitbildes kennen- und schätzen gelernt. Dazu zählt das selbstbestimmte Leben aller Altersgruppen und sozialer Schichten, das durch kurze Wege, höhere Sicherheit im Straßenverkehr, weniger Lärm- und Luftverschmutzung, Nachbarschaftshilfe und Gemeinschaftssinn geprägt ist.

Ein zweites Schlagwort unseres Leitbildes heißt **Talachse stärken** (GP 2,3,9,10,12,13,14,15). Mit Talachse meinen wir nicht nur die enge, flache Gegend zwischen Bahnlinie und Kaiserstraße, sondern die zentrumsnahen Gebiete wie

Vohwinkel Mitte, Teile vom Westring, Tesche und Osterholz. Einige Gebiet in Mitte im Bereich der Kaiserstraße galten lange als Problemviertel (GP 7,10,11,12). Wir haben hier die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum mit Grünflächen und Möglichkeiten für Treffpunkte erhöht (GP 7,8,12,15). Heute leben hier verschiedene Generationen und gesellschaftliche Gruppen in einer funktionierenden Nachbarschaft. Sobald das Wetter im Frühjahr wärmer wird, spielt sich ein großer Teil in den Gemeinschaftsgärten ab. Wir haben auch darauf geachtet, dass die Kaltluftschneise im Tal bestehen bleibt (GP 5,6), was uns heute bei den immer länger andauernden Hitzeperioden zugutekommt. Die Talachse haben wir als Vorranggebiet für die Sanierung von Häusern ausgeschrieben. Häuserruinen, die sich hier in den ersten 20 Jahren seit der Jahrtausendwende gebildet haben, wurden konsequent abgerissen und Neubauten entstanden nur auf diesen Flächen (GP 8,11,12). Dadurch haben wir eine kompakte Baustruktur mit einzelnen Grünflächen erhalten. Leerstand spielt hier so gut wie keine Rolle mehr. Die Wohnungen und Ladenlokale sind sehr beliebt. Hier haben wir den geringsten Anteil an Haushalten mit eigenem Pkw. Viele alltägliche Ziele sind gut zu Fuß oder mit dem Fahrrad zu erreichen.

Das dritte Schlagwort, mit dem ich unser Leitbild beschreiben möchte, ist **Schrumpfung vom Rand** (GP 1,2,3,4,5,6,8,9,10,12,13,15). Das ist ohne Zweifel das umstrittenste Vorhaben gewesen. Aber wir haben das langfristig geplant und umgesetzt. Die Stadt der kurzen Wege, Verkehrsvermeidung und -verlagerung sind Konzepte die schon im vorherigen Jahrhundert diskutiert wurden. Das Problem bestand in der konsequenten Umsetzung vor Ort. Viele Städte wünschen sich, vom Rand her zu schrumpfen, um eine kompakte Bebauungsstruktur (GP 12) zu erhalten. Wir haben es verwirklicht und komplette Verkehrszellen bzw. Gebiete mit einheitlicher Bebauungsstruktur zurückgebaut. Ein Schwerpunkt waren dabei Engelsehöhe und Elfenhang mit den Mehrfamilienhäuser aus den 1960er und 1970er-Jahren und Punkthochhäuser (GP 2,3,7,8,9). Auch zwei EZFH-Gebiete am Rand wurden komplett zurückgebaut. Das waren das südöstlichste Gebiet im Quartier Westring und ein kleines Gebiet im nördlichen Lüntenbeck (vgl. Abbildung 46). Natürlich gab es Probleme mit den Eigentümern, aber mit der staatlichen Abrissprämie (GP 4,8,11) und den gesetzlichen Voraussetzungen für langfristige Rückbaugebiete haben wir den konsequenten Rückbau über vier Jahrzehnte verwirklicht. Zur Definition der Gebiete mit stabil zu haltender Dichte haben wir ganz pragmatisch einen Kreis mit einem Radius von 1,5 km um den Lienhardplatz als Zentrum gezogen (vgl. Abbildung 47). Das einzige Rückbaugebiet innerhalb dieses Kreises ist Dasnöckel. Hier gab es eine große Koalition von Akteuren, die für den Rückbau gestimmt haben und so konnten wir das langfristig umsetzen. Knapp 4.000 Einwohner lebten zu Beginn der 2010er-Jahre in den vier komplett zurückgebauten Gebieten. Die restlichen Gebiete, die außerhalb des 1,5 km Radius liegen haben heute 50 % weniger Einwohner als 2010. Wir haben durch die Abrissprämie auch annähernd 50 % der ursprünglichen Bebauungsstruktur zurückgebaut. Diese Gebiete nahmen



zusammengenommen um 2.400 Einwohner ab. Insgesamt sind so die 6.400 Einwohner zusammengekommen, um die Vohwinkel zwischen den Jahren 2010 und 2050 geschrumpft ist. Innerhalb von fast 40 Jahren ist das alles im Zuge des Umzugsverhaltens entstanden. Wir haben niemanden zwangsumsiedeln müssen.

**Reporter:** Was hätten Sie gemacht, wenn die Einwohnerzahl entgegen den Prognosen nicht zurückgegangen wär?

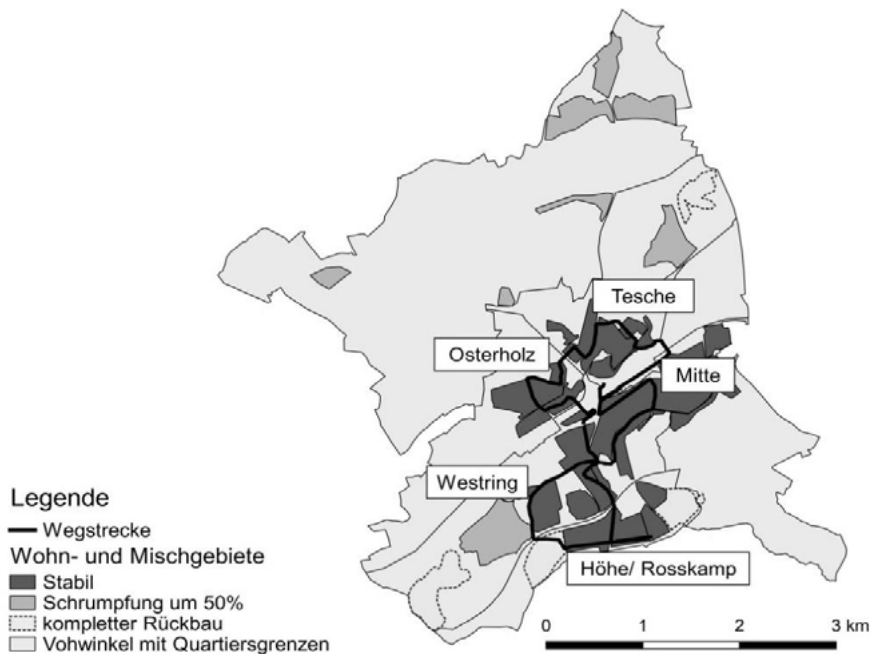
**Frau Grimm:** Die allermeisten Ansatzhebel zur Förderung von Energiesuffizientem Verhalten lassen sich auch in Bezirken oder Städten mit stabiler bzw. wachsender Bevölkerungszahl umsetzen. Nur das letzte Schlagwort **Schrumpfung vom Rand** mit den dazugehörigen Strategien und Maßnahmen hätten wir dann nicht weiter verfolgt.

Ich würde vorschlagen, dass wir nun unsere Tour durch Vohwinkel beginnen (vgl. Abbildung 46). Dazu nutzen wir zunächst die Fahrräder des Fahrradverleihsystems, das an verschiedenen Standpunkten Stationen zum Mieten und zur flexiblen Rückgabe der Räder bereithält. Wenn Sie möchten, können Sie auch ein Pedelec nutzen. Ein wenig Steigung haben wir schon während unserer ersten Strecke durch Tesche und Osterholz.

Wir gehen nun durch den Bahnhof Vohwinkel zum P&R-Parkplatz und starten in Richtung Osten. Dies ist der östlichste Teil der Nordbahntrasse, auch wenn es sich dabei im eigentlichen Sinne nicht mehr um die Bahntrasse handelt. Sie wurde zu einem Fahrradweg umgestaltet. Auf der Herderstraße biegen wir links ab und erreichen Tesche über die Homannstraße. Auf der rechten Seite sehen Sie einige Punkthochhäuser und Mehrfamilienhäuser, die sehr beliebte Wohnstandorte mit kurzen Wegen in die Natur sind. Zwei ambulante Pflegedienste haben hier eine Sozialstation eingerichtet (vgl. Diskussion Akteursworkshop), es gibt einen Multifunktionsladen mit Café und Gärtnerei sowie einige Gästewohnungen und Gemeinschaftsräume.

Über die Nathrather Straße fahren wir noch ein Stück nach Norden. In diesem Gebiet befinden sich unterschiedlichste Gebäudetypen vom Einfamilienhaus bis zu Zeilenhäusern. Dort drüben sehen Sie die erste Passivhaussiedlung von NRW. Schon damals sind wir Vorreiter gewesen, denn sie entstand bereits in den 1990er-Jahren. Nun biegen wir auf die Bahnhofstraße nach Süden ab. Nach Norden hin standen früher auch Häuser. Die waren aber größtenteils in einem schlechten Zustand und sind nach und nach abgerissen worden (GP 9,11). Die Bahnstraße ist heute eine Tempo 30-Zone. Wir nehmen jetzt die Hochbrücke über die Bahnlinie nach Essen. Vor 20 Jahren ist die Brücke eröffnet worden und verbindet Tesche und Osterholz für den Fuß- und Radverkehr.

**Abbildung 46: TTS-Szenario: Darstellung der zurückgelegten Strecke der Besichtigungstour durch Vohwinkel und Entwicklung der einzelnen Wohn- und Mischgebiete im Jahr 2050**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

Nun sind wir in Osterholz. Wie fahren jetzt über den Willi-Hildebrandt-Weg, Zur Waldkampfbahn bis zur Kreuzung Zum Vohwinkeler Feld. Von dort geht es Richtung Süden bis wir in den Heinrich-Brammel-Weg abbiegen. Das Quartier ist bei Familien sehr beliebt, da es hier verhältnismäßig viele Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Reihenhäuser im Eigentum gibt. Außerdem ist das gesamte Quartier zur Spielstraße geworden. Autos fahren kaum noch. Heute haben wir hier weder Leerstand noch nennenswerte Rückbaugelände (GP 1,6). Natürlich musste viel saniert werden. Die Einfamilienhäuser im Nordosten wurden in den 1960er-Jahren gebaut, als Energiestandards noch keine Rolle spielten. Aber heute sind das alles Niedrigenergiehäuser. Mal ehrlich, wer will denn schon bei den hohen Energiepreisen viel Geld fürs Heizen ausgeben? Vor 40 Jahren gab es so gut wie keine Einzelhandelsläden in Osterholz mehr (GP14). Heute haben wir gegenüber den Multifunktionsläden. Dort gibt es eine Grundausstattung mit Gütern des täglichen Bedarfs, alles Weitere wird über die Onlineplattform des Landes bestellt und innerhalb von acht Stunden nach Hause geliefert oder in der Abholstation bereitgestellt. Man kann sich Lastenfahräder ausleihen, um die Einkäufe nach Hause zu bringen. Die Räder können an den Fahrradverleihstationen, an denen wir eben unsere Räder ge-

liehen haben, abgegeben werden. Außerdem gibt es in dem Laden ein Café, ein Tauschgeschäft, einen Blumenladen und eine Post- und Bankfiliale. Nun nehmen wir diesen Rad- und Fußweg und gelangen auf die Gruitener Straße. Wir überqueren die Bahnlinie Richtung Vohwinkel-Mitte über die Fuß- und Radbrücke, die 2022 gebaut wurde, und kommen zwischen Stationsgarten und Supermarkt in Vohwinkel-Mitte heraus. Unsere Fahrräder geben wir am Ende der Schwebebahn ab.

**Reporter:** Das sind schon sehr spannende Einblicke in die Entwicklung von Vohwinkel. Und wie sieht es mit dem Rückbau aus?

**Frau Grimm:** Wir steigen jetzt in den O-Bus nach Solingen, der mit Strom aus 100 % erneuerbaren Energien fährt und schauen uns den südlichen Teil von Vohwinkel an. Dort hat es einige Veränderungen der Stadtstruktur gegeben.

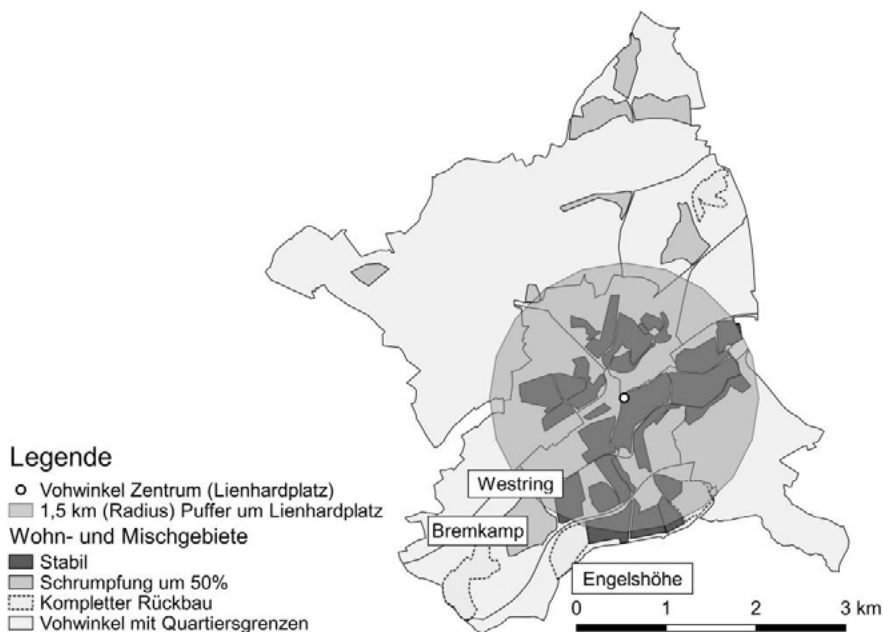
Unter uns liegt nun die Autobahn. Wir steigen an der Haltestelle Roßkamper Straße aus und laufen ein paar Schritte an der Roßkamper Höhe entlang bis zur Radstation. Wenn Sie Richtung Osten schauen, sehen Sie die Felder, wo früher einmal das Gebiet Dasnöckel war. Dort gab es mit der Zeit massiven Leerstand. Das Ein- und Zweifamilienhausgebiet um uns herum ist seit jeher sehr beliebt. Die meisten Häuser sind mittlerweile gut saniert. Hier wurden zum Teil aus großen Einfamilienhäusern durch architektonische Maßnahmen Häuser mit zwei oder drei Wohneinheiten geschaffen. Einige Bekannte von mir wohnen hier. Daher weiß ich, dass es dort viele Haushalte gibt, in denen mindestens ein Haushaltsmitglied teilweise *home office* macht. Nehmen wir zum Beispiel einen Freund meines Mannes. Der arbeitet bei einer Versicherung in Düsseldorf und nutzt die Möglichkeit, an zwei Tagen von Zuhause aus zu arbeiten. Seine Frau ist bei einer Stiftung in Essen beschäftigt und arbeitet ebenfalls an zwei von vier Arbeitstagen im *home office*. An den Büroarbeitstagen nutzen beide den O-Bus, um zum Bahnhof zu gelangen. Von dort fahren sie mit der Bahn zu ihren Arbeitsorten. Ihre zwei privaten Pkw, mit denen sie früher zur Arbeit gefahren sind, hat die Familie schon vor 20 Jahren abgeschafft. Sie haben mir mal erzählt, dass es einige Zeit gedauert hat, um sich an die neuen Praktiken und Abläufe im Mobilitätsverhalten zu gewöhnen. Aber sie empfinden das heute in keiner Weise als ein Weniger an Mobilität, wenn man Mobilität als Möglichkeitenräume versteht. Was sie aber reduziert haben, ist die Ausführung der physischen Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln. Anhand dieses Beispiels lässt sich auch zeigen, dass es bei der Umsetzung energiesuffizienten Verhaltens zu gegensätzlichen Effekte kommen kann. Bis vor neun Jahren hat die Familie mit ihrem Sohn in der Wohnung gelebt. Als dieser zum Studium in eine andere Stadt zog, wären die Eltern gerne in eine kleinere Wohnung in Vohwinkel-Mitte gezogen. Da aber beide einen Arbeitsplatz für das *home office* benötigen, haben sie sich entschlossen, noch bis zum Eintritt ins Rentenalter mit dem Umzug zu warten.

Nun leihen wir uns wieder Fahrräder an der Radstation dort vorne und treten die Rückfahrt nach Vohwinkel-Mitte an.

**Reporter:** Wenn ich mich richtig erinnere, gab es doch hier im Quartier Höhe mal einige große Mehrfamilienhäuser in Besitz ausländischer Wohnungsbaugesellschaften. Und das westliche Gebiet galt als sozialer Brennpunkt in Vohwinkel. Was ist daraus geworden?

**Frau Grimm:** Ja, das stimmt. Dort drüben biegen wir jetzt in den Feldweg ab, um auf den Westring zu gelangen. Wo jetzt der Wald ist, waren früher die Straßen Elfenhang und Engelshöhe. Das Gebiet ist konsequent zurückgebaut worden (GP 1,2,3,6,7,8,9,10,12,13,14). Auch auf dem Westring gilt Tempo 30. Hier gab es schon vor 40 Jahren einen ganz schmalen Fahrradstreifen. Der wurde kaum genutzt, weil sich viele Fahrradfahrer zu unsicher neben den schnellen Autos fühlten. Heute gibt es Fahrbahnverengungen für die Autos und breite Streifen für Fahrräder und Fußgänger. Das Ein- und Zweifamilienhausgebiet Brechkamp zu unserer linken Seite ist heute das westlichste Wohngebiet im Quartier Westring. Früher gab es noch ein weiteres Wohngebiet dort hinten. Das ist aber ebenfalls zurückgebaut worden. Es lag einfach viel zu weit vom Vohwinkeler Zentrum entfernt und damit außerhalb der Förderzone für Sanierungen. Hier wurden aber hohe Abrissprämien gezahlt (GP 4,8,11,12,14) (vgl. Abbildung 47).

**Abbildung 47: TTS-Szenario: Entwicklung der Wohn- und Mischgebiete im Jahr 2050**



Quelle: eigene Darstellung mit QGIS 2.8

**Reporter:** Hat sich der Aufwand für den Abriss gelohnt? Immerhin wurden hier Steuergelder eingesetzt. Hätte man die leer stehenden Gebäude nicht einfach stehen lassen können?

**Frau Grimm:** Die Option ist gerade auf Landesebene, wo das Programm der Abrissprämien finanziert wird, auch diskutiert worden. Für die Förderung des kompletten Rückbaus einzelner Wohngebiete sprachen mehrere Gründe, die uns hier in Vohwinkel durchaus nachvollziehbar erschienen. Erstens wollten wir keine Viertel haben, die an eine Ruinen- oder Geisterstadt erinnern, wo sich die Bevölkerung unwohl fühlt, wenn sie dort vorbei kommt. Wir haben befürchtet, dass es dort zu illegaler Besetzung kommen könnte und wir dort verstärkt mit Polizeipräsenz für Sicherheit sorgen müssten. Zweitens befürchteten die angrenzenden Wohngebiete ebenfalls in eine Abwärtsspirale hineingezogen zu werden. Und drittens konnten wir durch den Abriss der Häuser die gesamte Infrastruktur zurückbauen und die Fläche renaturieren. Nun haben wir die Rückbauggebiete aufgeforstet. Die Bäume binden also noch zusätzlich CO<sub>2</sub>. Das kostete natürlich wieder Geld, aber langfristig fördert es die Entwicklung hin zur Klimaneutralität Vohwinkels. Ich möchte aber noch einmal betonen, dass es ein langer und schwieriger Prozess bis zum kompletten Rückbau war, der sich über zwei Jahrzehnte hingezogen hat. Wir mussten viel mit den Eigentümer in diesen Gebieten verhandeln, bis sie sich mit der Situation abgefunden hatten. Einige fühlten sich durchaus als Verlierer in diesem Prozess, weil ihre Häuser und Grundstücke an Wert verloren hatten.

Wir fahren nun über den Westring und die Stackenbergstraße bis zur Schwebebahn-Haltestelle Bruch und geben dort unsere Fahrräder ab. Vor hier aus können wir entweder über die Brucherstiege und den P&R-Parkplatz zum Vohwinkeler Bahnhof gehen. Oder wir laufen die Kaiserstraße entlang. Seit dem der Abschnitt bis zur Schwebebahnendstation eine Fußgängerzone ist, hat die Attraktivität beachtlich zugenommen (GP 5,6,7,10). Es gibt hier jetzt jede Menge Geschäfte sowie Cafés und Restaurants mit Außengastronomie.

**Reporter:** Dann lassen Sie uns über die Kaiserstraße laufen.

**Frau Grimm:** Gerne. So kann ich Ihnen auch noch den neu gestalteten Lienhard-Platz zeigen (GP 8,13). Der ist aufgrund der ansprechenden Grünflächengestaltung zu einem beliebten Treffpunkt für alle Generationen geworden. Bevor wir wieder am Bahnhofsvorplatz ankommen, möchte ich noch eine Sache ansprechen, die wir in den Jahren gelernt haben. Die Förderung von Energiesuffizienz ist zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für energiesuffizientes Verhalten. Ebenso wichtig wie die Ermöglichung ist der Wunsch oder Wille unserer Einwohner, die Energienachfrage durch ihre Verhaltensänderung und das Verinnerlichen neuer Verhaltensmuster zu senken (GP 2,5,8,9,10). Das Umdenken hat aber beständig zugenommen. Und je mehr Möglichkeiten wir geschaffen haben, Energiesuffizienz in den Alltag zu integrieren, desto mehr stieg die Akzeptanz der Strategien und Maßnahmen. Wir können und wollen weder den kompletten motorisier-

ten Verkehr verbieten, noch Maximalwerte für die bewohnte Wohnfläche pro Kopf durchsetzen. Was wir aber gemacht haben, ist eine konsequente Förderung des Weniger-Verbrauchs und, in gewissem Umfang, eine Einschränkung des «höher, schneller, größer/weiter Paradigmas» des letzten Jahrhunderts.

**Reporter:** Herzlichen Dank für das Gespräch und die interessante Tour durch Vohwinkel.

### *7.5.2 Transition-to-Sufficiency-Szenario: Auswirkung auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen*

Trotz vieler Unsicherheiten und einer generellen Skepsis einiger Teilnehmer der Datenerhebungsphasen, eine Quantifizierung der Einspareffekte von Energiesuffizienz fördernden Maßnahmen und Strategien vorzunehmen, wird im Folgenden eine grobe Abschätzung der Größenordnung unternommen. Grund dafür ist die Einschätzung mehrerer Experten und Akteure, dass Szenarien mit quantitativen Angaben das Interesse für das Thema stärken und als Diskussionsgrundlage dienen könnten. Die Abschätzung der Größenordnung basiert auf den Ergebnissen der Expertenbefragung nach dem Delphi-Verfahren (vgl. Kapitel 4).

Das Transition-to-sufficiency (TTS)-Szenario ist das engagierteste Zukunftsbild in Bezug auf die Anzahl der diskutierten Ansatzhebel zur Förderung und Umsetzung von energiesuffizientem Verhalten. Die Maßnahmen und Strategien sind eine Zusammenstellung aus den Diskussionen mit den Experten und Akteuren. Sie wurden fortlaufend ergänzt und präzisiert. Die genaue Auswahl wurde vor der Delphi-Befragung getroffen. Im Laufe des explorativen Forschungsprozesses konnten die Experten und Akteure in jeder Datenerhebungsrunde Vorschläge für Strategien und Maßnahmen entwickeln.

#### **Alltäglicher Personenverkehr**

In die Quantifizierung des Einsparpotenzials bei der Energienachfrage und den CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden abermals alle Maßnahmenbündel mit aufgenommen, zu denen mehr als zwei Drittel der befragten Verkehrsexperten eine Größenordnungsschätzung abgegeben haben. Welche das sind und wie sie durch die Experten bewertet wurden, ist im Anhang, Anlage 14 dargestellt. Dabei wird innerhalb der Maßnahmen(bündel) zwischen den einzelnen Bewertungskategorien «Betrachtungszeitraum» und «Indikator» unterschieden. Wurde ein Feld von weniger als 2/3 der Experten bewertet, erfolgt in diesem keine Wertung.

Zentrale Ergebnisse in Bezug auf die Entwicklung der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen werden im Folgenden zusammengefasst. Aufgrund der großen Unsicherheit der quantitativen Wirkung der Maßnahmen(bündel) wurden bei der Abschätzung Wirkungsintervalle von 2 % angegeben. Bei der Auswertung wird wiederum zum einen eine konservative Wirkungsschätzung als unterer Bereich an-

genommen und zum anderen der obere Bereich als optimistische Wirkungsabschätzung.

Die Quantifizierung des Energiesuffizienzpotenzials über die Expertenbefragung ist nur als erste Annäherung an die langfristige Wirkung zu verstehen. Abschwächende oder verstärkende Effekte der Maßnahmen(bündel) untereinander werden nicht beachtet und werden auch nicht ausgeschlossen, genauso wenig wie ein abnehmender Wirkungseffekt jeder zusätzlich eingeführten Maßnahme. Beispielsweise kann nach Einführung der ersten Maßnahme jede weitere eingeführte Maßnahme einen geringeren Effekt haben. Es ist aber auch möglich, dass der Effekt der einzelnen Maßnahmen sich erst in Kombination mit anderen Maßnahmen(bündeln) voll entfaltet. Die Herstellung eines Kausalzusammenhangs ist in dieser Abschätzung generell schwierig. Vor dem Hintergrund dieser Punkte sind die folgenden Ergebnisse als grobe Abschätzung zu verstehen.

Wie in Tabelle 43 zu sehen ist, entsteht aufgrund der konservativen und optimistischen Schätzung eine große Bandbreite in Bezug auf die Entwicklung der durchschnittlichen Wegelängen und der Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln.

**Tabelle 43: TTS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - zentrale Ergebnisse für die Indikatoren**

	Ø Wegelänge (km) mit motor. Verkehrsmitteln	Ø Wegezahl mit motor. Verkehrsmitteln
2010	11,41	2,74
2030	7,70 - 10,76	1,86 - 2,54
2050	5,02 - 10,18	1,30 - 2,21

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

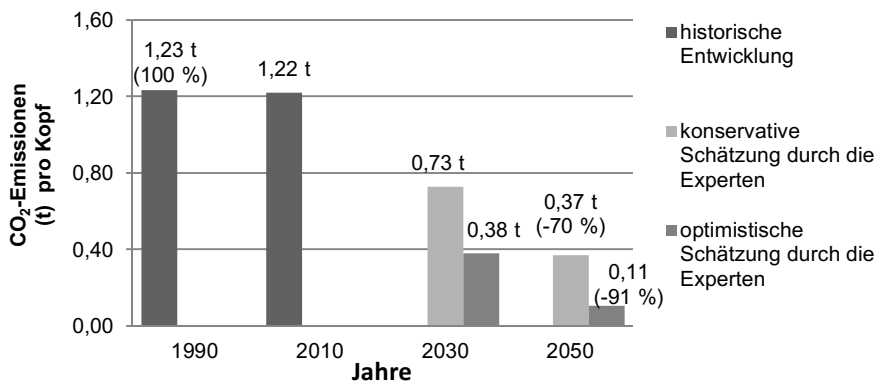
In Tabelle 44 wird die Entwicklung der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäß der Annahmen des TTS-Szenarios dargestellt. Ein Vergleich der potenziellen Energienachfrage in 2050 mit den Werten von 1990 zeigt, dass bei der Energienachfrage der gesamten Vohwinkeler Bürger der Wert um 77 % bis 93 % zurückgeht. Erstmals würde das Minderungsziel von 80 % bis 95 % Energienachfrage erreicht. Pro Person beträgt der Rückgang 68 % bis 91 %.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten Vohwinkeler Bürgerschaft nehmen zwischen 1990 und 2050 um 78 % bis 94 % ab. Pro Kopf liegt der Wert lediglich bei minus 70 % bis 91 %, da hier der Effekt des Einwohnerrückgangs, anders als bei den Werten der gesamten Bürgerschaft Vohwinkels, keine zusätzliche Minderung verursacht (vgl. Abbildung 48).

**Tabelle 44: TTS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bevölkerung**

	1990	2010	2030	2050	Veränderung 1990-2050
Energienachfrage aller Vohwinkeler Bürger für alltäglichen Personenverkehr (GWh/a)	171	157	43 - 83	12 - 40	minus 77 % -93 %
Energienachfrage pro Kopf für alltäglichen Personenverkehr (MWh/a)	5,11	5,08	1,61 - 3,07	0,48 - 1,65	minus 68 % - 91 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen aller Vohwinkeler Bürger für alltäglichen Personenverkehr (t/a)	41.240	37.802	10.307 - 19.649	2.608 - 8.963	minus 78 % - 94 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für alltäglichen Personenverkehr (t/a)	1,23	1,22	0,38 - 0,73	0,11 - 0,37	minus 70 % -91 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

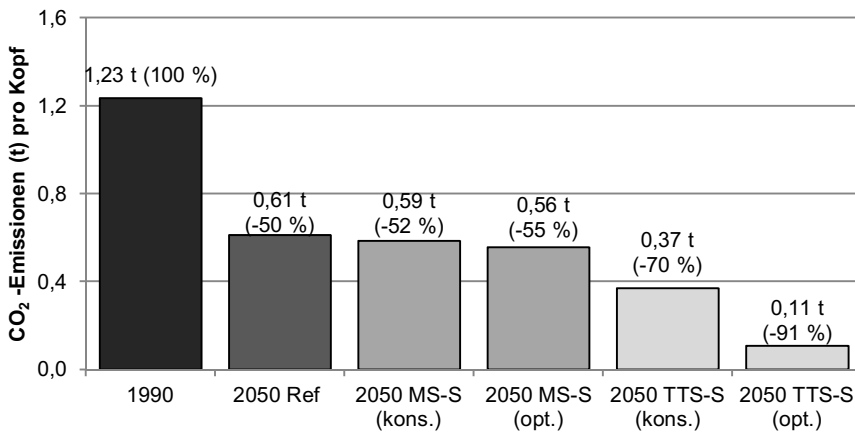
**Abbildung 48: TTS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050**

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Ein Vergleich der drei erstellten Szenarien in Abbildung 49 zeigt die Einspareffekte an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf. Im TTS-Szenario werden mit minus 70 % bis minus 91 % die größten Erfolge erzielt. Beim MS-Szenario wird mit minus 52 % bis minus 55 % eine leicht höhere prozentuale Einsparung als beim Referenzszenario erreicht (minus 50 %). Dies liegt daran, dass von den vier Maßnahmen(bündeln) lediglich eine Maßnahme (Erhöhung des Raumwiderstandes) in der Kategorie Wegzahl quantifiziert wird. Bei den anderen Maßnahmen(bündeln) geben jeweils weniger als zwei Drittel der Verkehrsexperten eine Schätzung ab. Darum werden die Ergebnisse nicht in die Berechnung mit aufgenommen. Das heißt nicht, dass sie nicht wirken, ihre langfristige quantitative Abschätzung ist nur extrem schwer und wird an dieser Stelle daher nicht mit aufgenommen.



**Abbildung 49: Vergleich der Reduktionsergebnisse im alltäglichen Personenverkehr in Vohwinkel für CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der verschiedenen Szenarien von 1990 bis 2050**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Werden die Werte aus dem Jahr 2050 direkt miteinander verglichen, kommt es im MS-Szenario zu einer Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf von 4 % bis 9 % im Vergleich zum Referenzszenario. Bei der Zukunftsvision des TTS-Szenarios beträgt die Einsparung gegenüber dem Referenzwert im Jahr 2050 39 % bei der konservativen Wirkungsabschätzung durch die Experten bis hin zu 82 % bei optimistischer Schätzung.

### Raumwärme privater Haushalte

Um das Einsparpotenzial der Endenergienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu quantifizieren, wurden abermals alle Strategien mit aufgenommen, zu denen mehr als zwei Drittel der befragten Raumwärmeexperten eine Größenordnungsschätzung abgegeben haben. Im Anhang, Anlage 15 sind die so ausgewählten Strategien und ihre Bewertung durch die Experten dargestellt. Dabei wird bei den Strategien zwischen den Bewertungskategorien «Betrachtungszeitraum» und «Indikator» unterschieden. Wurde ein Feld von weniger als zwei Drittel der Experten bewertet, erfolgt wiederum keine Quantifizierung. Zentrale Ergebnisse in Bezug auf die Entwicklung der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen werden im Folgenden zusammengefasst.

Es sei noch einmal betont, dass die Quantifizierung des Energiesuffizienzpotenzials über die Expertenbefragung als erste Annäherung an die langfristige Wirkung zu verstehen ist. Abschwächende oder verstärkende Effekte der Strategien untereinander werden nicht beachtet und werden auch nicht ausgeschlossen. Auch ein abnehmender Wirkungseffekt jeder zusätzlich eingeführten Strategie wird nicht unter-

sucht. Wie in Tabelle 45 zu sehen ist, entsteht aufgrund der konservativen und optimistischen Schätzung eine große Bandbreite der Effekte bei der Auswertung der Indikatoren.

**Tabelle 45: TTS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte – Entwicklung der Indikatoren**

	Ø bewohnte und beheizte Wohnfläche pro Kopf (m <sup>2</sup> )	Ø Raumtemperatur (° C)
2010	37,3	20,5
2030	36,9 - 38,8	19,1 - 19,4
2050	33,5 - 37,5	19,1 - 19,4

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung (gerundete Werte)

Die durchschnittlich beheizte Wohnfläche pro Kopf bleibt bei der konservativen Schätzung im TTS-Szenario im Jahr 2050 annähernd konstant bei 37,5 m<sup>2</sup> (2010: 37,3 m<sup>2</sup>). Bei Eintritt der optimistischen Schätzung würden die durchschnittlich bewohnten Quadratmeter auf 33,5 m<sup>2</sup> absinken. Durch die Strategien zur Senkung der durchschnittlichen Raumtemperatur würde diese von 20,5 °C auf 19,4 °C bis 19,1 °C sinken.

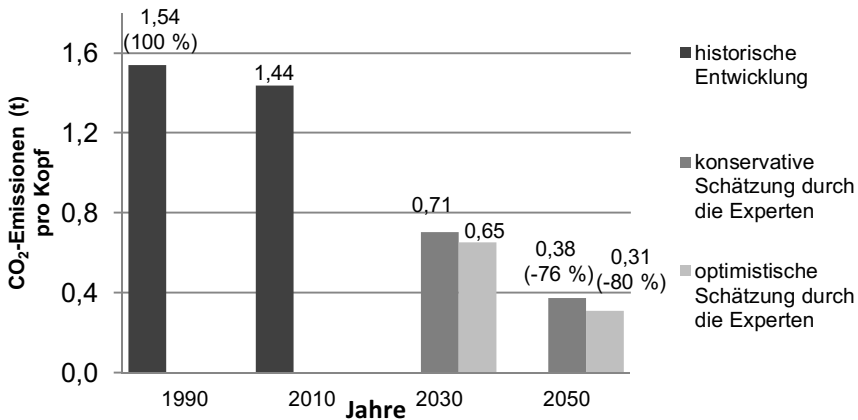
**Tabelle 46: TTS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - zentrale Ergebnisse für Endenergienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bevölkerung**

TTS-Szenario	1990	2010	2030	2050	Veränderung 1990-2050
Energienachfrage der Vohwinkeler Bürger für Raumwärme (GWh/a)	174	155	75 - 81	36 - 44	minus 75 % - 79 %
Energienachfrage pro Kopf für Raumwärme (MWh/a)	5,2	5,0	2,8 - 3,0	1,5 - 1,8	minus 65 %- 71 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen der Vohwinkeler Bürger für Raumwärme (t/a)	51.451	44.533	17.634 - 19.024	7.493 - 9.095	minus 82 %- 85 %
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für Raumwärme (t/a)	1,54	1,44	0,65 - 0,71	0,31 - 0,38	minus 76 %- 80 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Wie in Tabelle 46 zu sehen ist, nimmt die Endenergienachfrage für Raumwärme der Privathaushalte in Vohwinkel zwischen 1990 und 2050 um 75 % bis 79 % ab. Pro Kopf reduziert sie sich lediglich um 65 % bis 71 % ab. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bürger sinken um 82 % bis 85 %. Damit wird bei den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Vohwinkel das 80 % Reduktionsziel sowohl bei konservativer als auch bei optimistischer Schätzung erreicht. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf sinken zwischen 76 % und 80 % (vgl. Abbildung 50).

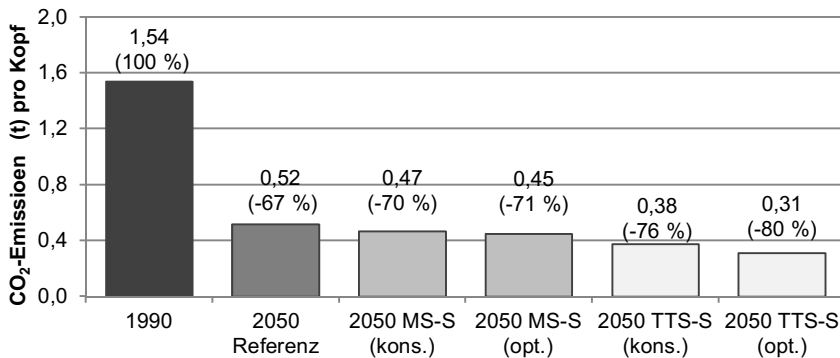
**Abbildung 50: TTS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Abbildung 51 fasst die Minderungsergebnisse der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf in den drei Szenarien Referenz, Moderate-Suffizienz und Transition-to-Sufficiency für den Zeitraum 1990 bis 2050 zusammen. Beim MS-Szenario und dem TSS-Szenario werden jeweils die Spannweite der konservativen (kons.) und optimistischen (opt.) Schätzung angegeben.

**Abbildung 51: Vergleich der Reduktionsergebnisse im Bereich Raumwärme privater Haushalte in Vohwinkel für CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der verschiedenen Szenarien von 1990 bis 2050**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Ohne die explizite Förderung von Energiesuffizienz würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf zwischen den Jahren 1990 und 2050 um 67 % auf 0,52 t sinken. Werden lediglich die konsensorientierten, weichen und schwer zu quantifizierenden

Strategien des MS-Szenarios umgesetzt, nehmen die Emissionen um weitere 3 bis 4 Prozentpunkte ab. Beim TTS-Szenario, das die engagierteste Form der Energiesuffizienzförderung abbildet und als Vision der Akteure und Experten zu verstehen ist, werden die Emissionen um 76 % bis 80 % reduziert. Die zusätzlichen Einsparungen im MS-Szenario für das Jahr 2050 betragen gegenüber dem Wert im Jahr 2050 des Referenzszenarios 9 % bis 14 % an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf. Im TTS-Szenario werden, ebenfalls verglichen zum Wert des Referenzszenarios im Jahr 2050, die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf um 27 % bis 40 % verringert.

## 7.6 Drei Sensitivitätsrechnungen zu ausgewählten Parametern

Die bislang vorgestellten Szenarien bilden ausgewählte, mögliche Zukunftspfade für die Entwicklung in Vohwinkel ab. Dazu war die Festlegung zahlreicher Annahmen zur Entwicklung externer Treiber der Energienachfrage (z.B. demographische Entwicklung) und energiebedingter Parameter (erneuerbare Energien, Energieeffizienz) nötig. Mit den Experten und Akteuren wurden die Annahmen qualitativ diskutiert. Quantifiziert wurden sie mittels Annahmen aus verschiedenen Szenariostudien. Anhand der drei Parameter «Bevölkerungsentwicklung» (sowohl Raumwärme privater Haushalte als auch alltäglicher Personenverkehr), Elektromobilität (alltäglicher Personenverkehr) und Sanierungsrate (Raumwärme privater Haushalte) werden Sensitivitätsrechnungen zu alternativen Entwicklungen durchgeführt. Ausgewählt wurden die drei Parameter, da sie in den Gesprächen oft angesprochen und diskutiert wurden. Alle anderen Eingabewerte werden konstant gehalten.

Während alle vier Analysewerte (gesamte Endenergienachfrage und Endenergienachfrage pro Kopf sowie gesamte CO<sub>2</sub>-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf) für Vohwinkel berechnet werden, wird bei der weiteren Darstellung eine Konzentration auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf vorgenommen, um den Beitrag zum Ziel einer nahezu klimaneutralen Entwicklung darzustellen, ohne die Effekte der Einwohnerveränderung zu berücksichtigen.

### 7.6.1 Alltäglicher Personenverkehr: Elektromobilität

Im Bereich des alltäglichen Personenverkehrs wird aufgrund der wissenschaftlich (vgl. z.B. F. Huber 2013, Wietschel et al. 2013, Hacker et al. 2014) und politisch (vgl. Bundesregierung 2012) viel diskutierten Bedeutung der Elektromobilität im Pkw-Segment, dieser Faktor im Rahmen von Sensitivitätsrechnungen variiert. Die Erhöhung der Elektromobilität wird der Konsistenz-Strategie zugerechnet. Die Bereitstellung der Energie für Ortswechsel erfolgt durch einen anderen Antrieb (Strom) im Vergleich zum derzeit vorherrschenden Verbrennungsmotor (Benzin/Diesel) (Konsistenz/»Anders«). Da der Strom einer Vielzahl bundesdeutscher Szenarien zufolge im Jahr 2050 größtenteils aus erneuerbaren Energien stammen wird (vgl. z.B. FH-ISE 2013, PROGNOSE et al. 2014, BEE 2015), ist die Energie-

gewinnung und -nutzung als (größtenteils) vereinbar (konsistent) mit der Natur und den Stoffkreisläufen zu bezeichnen (vgl. auch Kapitel 2.1.1). Vereinzelt wurde auch in den Expertengesprächen die zukünftig hohe Bedeutung der Elektromobilität herausgehoben (vgl. IP 6, IP10).

Bei den Pkw mit Elektroantrieb, deren Anteil am Jahresverkehrsaufwand in den Szenarien mit hoher Elektromobilität um 50 % gegenüber dem Wert im Jahr 2050 in den Hauptszenarien erhöht wird, handelt es sich um Hybridfahrzeuge (Diesel/Elektro und Benzin/Elektro), Fahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb sowie *Plug-In Electric Vehicle* mit Diesel bzw. Benzin (vgl. UBA 2016d). Mit einem Anteil von rund 70 % in den Szenarien mit hoher Elektromobilität entwickelt sich die Elektromobilität zur marktbeherrschenden Technologie (vgl. z.B. auch Hacker et al. 2014: 70). In den Szenarien mit geringer Elektromobilität wird der Anteil dieser Fahrzeuge am Jahresverkehrsaufwand im Jahr 2050 um 50 % gegenüber dem Wert der Hauptszenarien im Jahr 2050 reduziert. Grund für die Reduzierung ist die Tatsache, dass Elektromobilität Mitte der 2010er-Jahre<sup>10</sup> noch weit hinter den Ausbauzielen zurück liegt (vgl. Breiting 2016) und die Annahmen zur zukünftigen Entwicklung mit hohen Unsicherheiten behaftet sind. Die Erhöhung bzw. Verringerung der Anteile der Elektroautos am Jahresverkehrsaufwand um 50 % im Vergleich zum Hauptszenario ist aus pragmatischen Gründen gewählt worden, um prägnante Unterschiede zu zeigen. Die Werte liegen jeweils im Rahmen anderer Szenariostudien (vgl. z.B. Hacker et al. 2014, Wietschel et al. 2013). Da die Flottenzusammensetzung in den Szenariostudien jeweils (geringe) Unterschiede zur Einteilung der hier als Grundlage verwendeten TREMOD-Daten aufweist, ist eine direkte Übertragung der Werte nicht möglich.

Bei der Darstellung der Ergebnisse der Sensitivitätsrechnung zum alltäglichen Personenverkehr wird ein Schwerpunkt auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf gelegt.

Ein Vergleich der CO<sub>2</sub>-Reduktionserfolge in den einzelnen Szenarien (vgl. Tabelle 47) zeigt, dass der Unterschied zwischen den Szenarien mit hoher Elektromobilität und geringer Elektromobilität kleiner wird, je engagierter die Maßnahmen zur Energiesuffizienz umgesetzt werden. Beträgt der Unterschied der CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Kopf in der Szenarioreihe der Referenzszenarien zwischen dem Szenario mit geringer und dem mit hoher Elektromobilität 15 % und im MS-Szenario 14 %, so sinkt er im TTS-Szenario auf 3 % bis 8 % je Wirkungsabschätzung (vgl. Tabelle 47). Zwar ist in allen Szenarien die CO<sub>2</sub>-Einsparung bei einem hohen Anteil an Elektromobilität größer als bei einem geringen Anteil, gelingt aber, wie im TTS-Szenario gezeigt, eine engagierte Umsetzung der Energiesuffizienz-

---

<sup>10</sup> Zu Beginn 2016 waren 25.500 Autos mit batterieelektrischem Antrieb und 130.000 Hybridautos in Deutschland zugelassen. Das Ziel bis 2020 sind 1 Million Elektroautos (vgl. Balser 2016). Szenarien zur Entwicklung der Elektromobilität stellen oft die Entwicklung der Anzahl der Elektrofahrzeuge in den Vordergrund, wobei vereinzelt auch der Gesamtverkehrsaufwand betrachtet wird (vgl. z.B. Wietschel et al. 2013, Hacker et al. 2011, Hacker et al. 2014)

Strategie, so sind die zusätzlichen Effekte durch hohe Elektromobilität geringer als beim Referenzszenario.

**Tabelle 47: Sensitivität Elektromobilität (alltäglicher Personenverkehr): CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung in den Jahren 1990 und 2050**

CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf im alltäglichen Personenverkehr (t/a) in Vohwinkel	1990	2050	Veränderung 1990-2050
<b>Referenz-Szenario</b> mit hoher Elektromobilität	1,23	0,52	minus 58 %
Referenz-Szenario mit Elektromobilität aus Hauptszenarien	1,23	0,61	minus 50 %
Referenz-Szenario geringer Elektromobilität	1,23	0,70	minus 43 %
<b>MS-Szenario</b> mit hoher Elektromobilität	1,23	0,47-0,50	minus 60 %-62 %
MS-Szenario mit Elektromobilität aus Hauptszenarien	1,23	0,56-0,59	minus 52 %-55 %
MS-Szenario mit geringer Elektromobilität	1,23	0,64-0,67	minus 46 %-48 %
<b>TTS-Szenario</b> mit hoher Elektromobilität	1,23	0,09-0,32	minus 74 %-93 %
TTS-Szenario mit Elektromobilität aus Hauptszenarien	1,23	0,11-0,37	minus 70 %-91 %
TTS-Szenarien mit geringer Elektromobilität	1,23	0,12-0,42	minus 66 %-90 %

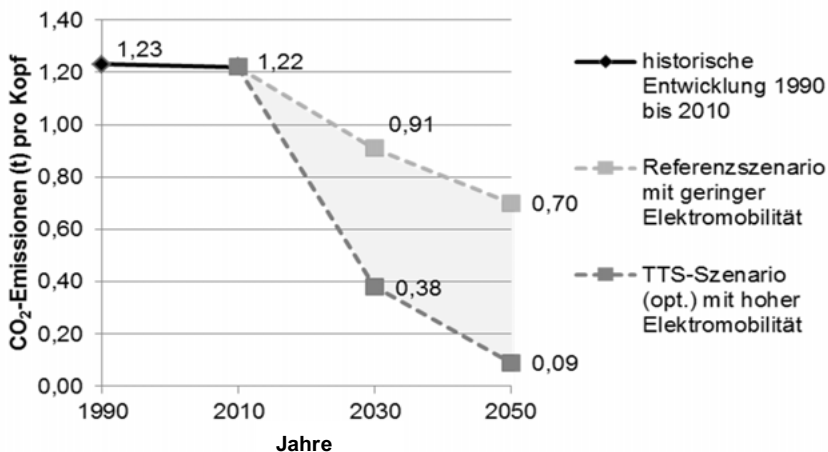
Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Werden die Ergebnisse des Referenz-Szenarios und des TTS-Szenarios aus der Szenarioreihe mit hoher Elektromobilität verglichen, wird deutlich, dass die engagierte Umsetzung der Energiesuffizienz zusätzlich 16 bis 35 Prozentpunkte an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf einspart (Referenz: minus 58 %; TTS-Szenario: minus 74 % bis 93 %). Bei den Szenarien mit Anteilen der Elektromobilität wie im Hauptszenario, beträgt die zusätzliche Einsparung im TTS-Szenario verglichen mit dem Referenzszenario aus dieser Szenarioreihe 20 bis 41 Prozentpunkte. Der höchste Wert der zusätzlichen Einsparung wird bei der Szenarioreihe mit geringer Elektromobilität erreicht. Hier kann die Einsparung von minus 43 % im Referenzszenario auf minus 66 % bis 90 % CO<sub>2</sub>-Emissionen im TTS-Szenario gesteigert werden. Das ist einen Zuwachs von zusätzlich 23 bis 47 Prozentpunkten (vgl. Tabelle 47). Sollte sich also die Elektromobilität nicht in dem Maße durchsetzen wie in den Hauptszenarien angenommen, kann die sehr engagierte Umsetzung der Energiesuffizienz, wie im TTS-Szenario unterstellt, zu beachtlichen Reduzierungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen führen.

In Abbildung 52 ist die Spannweite der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der oben aufgeführten neun Szenarien mit den Extremwerten aus dem Referenzszenario mit ge-

ringer Elektromobilität und dem TTS-Szenario (optimistische Schätzung) mit hoher Elektromobilität dargestellt. Die Reduktionspfade der übrigen sieben Szenarien liegen zwischen diesen beiden Begrenzungen. Die sehr große Spannweite der Werte für 2050 ergibt sich einerseits aus den unterschiedlichen Annahmen zur Elektromobilität und andererseits aus der Anzahl und den Wirkungen der engagierten Effizienz-Maßnahmen. Das Ziel, die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf bis 2050 auf ca. eine Tonne zu verringern, erscheint im Referenz-Szenario mit geringer Elektromobilität bei einem Wert von 0,7 t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf kaum mehr zu erreichen. Denn dann dürften die Industrie, die Haushalte und der Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung sowie die restlichen Teilsektoren im Verkehr (Urlaubsreisen und Güterverkehr) zusammengekommen nur noch 0,3 t CO<sub>2</sub> pro Kopf emittieren. Der Wert von 0,09 t CO<sub>2</sub> pro Kopf kommt nur aufgrund sehr optimistischer Wirkungsannahmen zustande und würde die durchschnittliche Wegelänge und Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln enorm einschränken. Dieser Wert bedeutet eine 93 %ige Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf im Vergleich zu 1990 und liegt damit am oberen Rand des Reduktionsziels von 80 % bis 95 %. Er zeigt eine Kombinationsmöglichkeit der drei Strategien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz, mit der das 95 %-Ziel beinahe erreicht wird. Strategisch gesehen, bedeuten die Ergebnisse, dass neben der Förderung von Elektromobilität und effizienterer Antriebstechnik auch die Reduzierung von motorisiertem Verkehr unterstützt werden muss, damit langfristig der alltägliche Personenverkehr nahezu klimaneutral bewältigt werden kann.

**Abbildung 52: Sensitivität Elektromobilität (alltäglicher Personenverkehr): Spannweite der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 zwischen den neun Szenarien**



Quelle: eigene Darstellung

### 7.6.2 Raumwärme privater Haushalte: Sanierungsrate

Bei der Raumwärme privater Haushalte wird der Parameter «Sanierungsrate» verändert. Die Sanierungsrate zählt zur Effizienzstrategie und gibt an, wie viel Prozent der Wohnfläche pro Jahr saniert werden. Für die gleiche Nachfrage nach Raumwärme wird aufgrund der Verbesserungen der Gebäudehülle weniger Energie benötigt (Effizienz/«Besser»). Ziel der Bundesregierung ist es, die Sanierungsrate bis zum Jahr 2050 im Vergleich zum heutigen Wert zu verdoppeln (vgl. Bundesregierung 2010: 5). Für Vohwinkel würde dies eine Erhöhung von 0,9 % p.a. auf 1,8 % bedeuten. Da lediglich zwei Zeiträume mit konstanten Werten in das Szenarienmodell eingefügt werden, wird vereinfacht für den Zeitraum von 2011 bis 2030 von einer Sanierungsrate von durchschnittlich 1,35 % und für die folgenden 20 Jahre von 1,8 % ausgegangen. Auch in vereinzelt Gesprächen mit lokalen Akteuren wurde bekräftigt, dass die Sanierungsrate in den kommenden Jahren stark steigen könnte (vgl. GP 14).

Allerdings wurde in den Gesprächen mit lokalen Akteuren auch die Befürchtung geäußert, dass nötige Sanierungsmaßnahmen in Zukunft nur in geringem Umfang vorgenommen würden (vgl. GP 9,10,13). Daher wird in einer Sensitivitätsrechnung die Sanierungsrate über den Zeitraum der Zukunftsbetrachtung bei 0,9 % konstant gehalten. Tabelle 48 gibt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf für die Jahre 1990 und 2050 in den drei Szenarioreihen Verdopplung der Sanierungsrate (2010 bis 2050), Sanierungsrate wie im Hauptszenario und konstante Sanierungsrate zwischen 2010 und 2050 (mit dem Wert von 2010) wieder.

**Tabelle 48: Sensitivität Sanierungsrate: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf für Raumwärme (t/a) 1990 und 2050**

CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für Raumwärme (t/a)	1990	2050	Veränderung 1990-2050
Ref.-Szenario mit hoher Sanierungsrate	1,54	0,46	minus 70,1 %
Ref.-Szenario mit Sanierungsrate aus Hauptszenarien	1,54	0,52	minus 66,5 %
Ref.-Szenario konstante Sanierungsrate	1,54	0,53	minus 65,4 %
MS-Szenario mit hoher Sanierungsrate	1,54	0,38 - 0,40	minus 73,1 % - 74,3 %
MS-Szenario mit Sanierungsrate aus Hauptszenarien	1,54	0,45 - 0,47	minus 69,7 % - 71,0 %
MS-Szenario mit konstanter Sanierungsrate	1,54	0,46 - 0,48	minus 68,6 % - 70,0 %
TTS-Szenario mit hoher Sanierungsrate	1,54	0,28 - 0,33	minus 78,1 % - 81,4 %
TTS-Szenario mit Sanierungsrate aus Hauptszenarien	1,54	0,31 - 0,38	minus 75,6 % - 79,9 %
TTS-Szenarien mit konstanter Sanierungsrate	1,54	0,33 - 0,39	minus 74,5 % - 78,8 %

Quelle: eigene Darstellung



Im Referenz-Szenario, in dem Suffizienzmaßnahmen nicht explizit berücksichtigt werden, hat die Verdoppelung der Sanierungsrate einen Effekt von zusätzlichen 3,6 Prozentpunkten CO<sub>2</sub>-Reduktion pro Kopf zwischen 1990 und 2050. Im MS-Szenario ist die CO<sub>2</sub>-Reduktion bei verdoppelter Sanierungsrate im Fall der optimistischen Schätzung um 3,3 Prozentpunkte höher als bei der ursprünglich angenommenen Sanierungsrate. Trotz einer Verdoppelung der Sanierungsrate fällt im TTS-Szenario bei optimistischer Schätzung die CO<sub>2</sub>-Reduktion nur 1,5 Prozentpunkte höher aus als bei den ursprünglichen Sanierungswerten. Ein Vergleich mit den konservativen Schätzungen bestätigt die Ergebnisse. Für die vorliegende Untersuchung lässt sich ableiten, dass je stärker Energiesuffizienz im Bereich Raumwärme in Vohwinkel umgesetzt wird, desto geringer ist der Einfluss der Sanierungsrate auf die Einsparungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf.

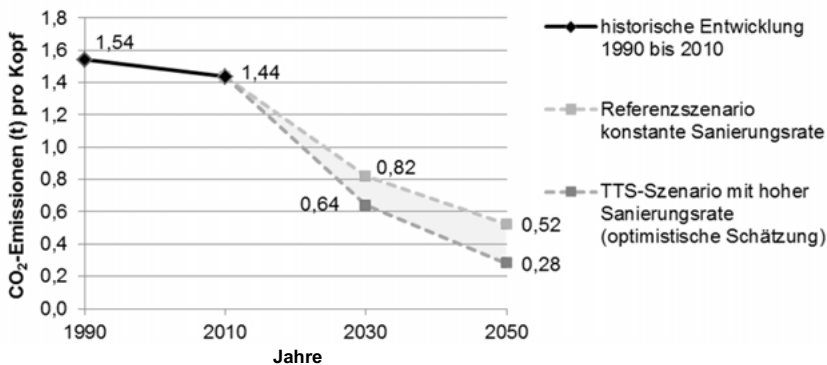
Ein Vergleich der maximalen CO<sub>2</sub>-Reduktionseffekte pro Kopf zwischen den Szenarioreihen mit verdoppelter Sanierungsrate und konstanter Sanierungsrate zeigt, dass die zusätzlichen Einspareffekte zwischen dem Referenz-Szenario (minus 70,1 %) und dem TTS-Szenario mit optimistischer Schätzung (minus 81,4 %) bei verdoppelter Sanierungsrate einen Unterschied von 11,3 Prozentpunkten ausmachen, während bei konstanter Sanierungsrate der Unterschied 13,4 Punkte beträgt (1990-2050: Referenz-Szenario = minus 65,4 %; TTS-Szenario = minus 78,8 %). Hieraus lässt sich für die vorliegende Untersuchung schlussfolgern: Je geringer die Sanierungsrate in Vohwinkel, desto größer ist der prozentuale Einspareffekt an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf durch engagierte Suffizienzmaßnahmen. Dies gilt auch für den Vergleich der Daten zwischen der ursprünglich angenommenen Sanierungsrate (Ref.= -66,52 % TTS(opt.) = -79,86 % Unterschied: 13,34 Punkte) und der konstanten Sanierungsrate (13,44 Punkte). Aufgrund der wesentlich geringeren Unterschiede der beiden Sanierungsraten im Zeitverlauf ist diese Differenz weniger ausgeprägt.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt weiter, dass ohne engagierte Suffizienzmaßnahmen das Ziel der gesamten CO<sub>2</sub>-Minderung um mindestens 80 % im Vergleich zum Jahr 1990 trotz der hohen Sanierungsrate nicht ganz erreicht wird (minus 78,4 % CO<sub>2</sub> im Referenz-Szenario mit hoher Sanierungsrate). Dies geschieht erstmals im MS-Szenario mit hoher Sanierungsrate (minus 80,5 % bis 81,5 % gegenüber 1990), in dem konsensfähige Suffizienzmaßnahmen umgesetzt werden. Im TTS-Szenario mit hoher Sanierungsrate wird der höchste Einspareffekt an CO<sub>2</sub>-Emissionen von 84,1 % bis 86,6 % erlangt. Wird der Effekt des Bevölkerungsrückgangs durch die Betrachtung der pro Kopf Werte nicht mit eingerechnet, erzielen jeweils nur die optimistischen Wirkungsabschätzungen der TTS-Szenarien mit hoher und ursprünglicher Sanierungsrate den 80 % Zielwert (vgl. Tabelle 48).

In Abbildung 53 ist die Spannweite der CO<sub>2</sub>-Reduktionen pro Kopf bis zum Jahr 2050 dargestellt, die in den neun Szenarien entstehen, wenn Sanierungsrate und Suffizienzmaßnahmen wie oben beschrieben variiert werden. Der höchste Wert

an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf wird im Jahr 2050 mit 0,53 t im Referenzszenario ohne Suffizienzmaßnahmen und mit einer ab dem Jahr 2010 konstant gehaltenen Sanierungsrate erreicht. Der geringste Wert an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf wird mit 0,28 t im engagierten TTS-Szenario bei optimistischer Schätzung der Maßnahmenwirkung und bei gleichzeitig verdoppelter Sanierungsrate ausgehend vom Jahr 2010 erzielt.

**Abbildung 53: Sensitivität Raumwärme: Spannweite der CO<sub>2</sub>-Reduktionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 zwischen den neun Szenarien**



Quelle: eigene Darstellung

Obwohl die Spannweite der äußeren Werte recht gering erscheint, zeigen die Schlussfolgerungen für die langfristigen Ziele der Klimaneutralität Unterschiede auf. Bis 2050 besteht das Ziel, die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf ca. 1 Tonne pro Kopf und Jahr zu reduzieren (vgl. WBGU 2009: 3 ff.). Der Raumwärmebereich würde mit 0,28 t CO<sub>2</sub> pro Kopf etwas mehr als ein Viertel der Emissionen ausmachen. Wird aber nur ein Wert von 0,53 t CO<sub>2</sub> pro Kopf im Jahr 2050 erreicht, wäre die Hälfte des Budgets bereits ausgeschöpft. Folglich dürfte in den übrigen Sektoren Verkehr, Industrie, GHD und der restliche Teil der Energienachfrage der Haushalte (Warmwasser und Strom) zusammengekommen noch ca. 0,5 t CO<sub>2</sub> pro Kopf emittiert werden. Damit würde das pro Kopf Ziel von 1 Tonne schwieriger zu erreichen sein. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass allein mit engagierten Suffizienzmaßnahmen und bei optimistischer Schätzung im TTS-Szenario ein Erreichen der Minderungsziele ohne eine Verdoppelung der Sanierungsrate im Vergleich zum Jahr 2010 schwierig erscheint.

Ergebnisse der Sensitivitätsrechnungen zeigen, dass auch im Bereich Raumwärme privater Haushalte die langfristige Strategie hin zur Klimaneutralität darauf ausgerichtet sein muss, neben dem verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien, der Verbesserung der Effizienz von Heizungsanlagen sowie der Wärmedämmung von Wohngebäuden energiesuffizientes Verhalten engagiert zu fördern.

### 7.6.3 Externer Parameter: Bevölkerungsentwicklung

Ein zentraler Parameter, der sich aktuell betrachtet anders entwickelt als zu Beginn der 2010er-Jahre prognostiziert, ist die Einwohnerzahl Vohwinkels. Die niedrigste Einwohnerzahl (30.484) wurde bislang Ende 2012 erreicht. Seither ist die Zahl leicht gestiegen. Ende des Jahres 2015 lebten 31.193 Menschen in Vohwinkel (vgl. Stadt Wuppertal 2016b). In den Gesprächen mit Vohwinkeler Akteuren wurden mehrfach die Prognosen der Stadt zu den Einwohnerrückgängen angezweifelt (vgl. z.B. GP 1,13,14). Ob der derzeitige Trend erhalten bleibt, ist schwer abzuschätzen. So gab es nach der deutschen Wiedervereinigung auch eine Zeit, in der die Einwohnerzahl Wuppertals wieder anstieg, bevor ein erneuter Rückgang verzeichnet wurde. Um dieser Unsicherheit Rechnung zu tragen, wird in einer Sensitivitätsrechnung sowohl im Bereich Raumwärme als auch beim alltäglichen Personenverkehr die Bevölkerungszahl auf dem Stand von 2010 mit 30.969 Einwohnern im Betrachtungszeitraum bis 2050 konstant gehalten. Von einzelnen Experten wurde die Vermutung geäußert, dass die Einwohnerzahl langfristig auf dem Stand zu Beginn der 2010er-Jahre verbleiben könnte (vgl. GP 1,13).

Da die Schrumpfung der Bevölkerungszahl und die damit verbundenen Handlungsspielräume bei der Gestaltung der baulichen Infrastruktur wichtiger Bestandteil der Akteursgespräche und Delphi-Befragung war, ist eine Veränderung der Einwohnerzahl in den quantitativen Szenarien nur bedingt möglich. Es wird daher die Annahme getroffen, dass die Maßnahmen auch bei konstanter Bevölkerungszahl in ihrer Wirkungsrichtung und -stärke bestehen bleiben. Außerdem entwickeln sich die Wegezahl und Wegelänge wie im Referenzszenario. Das Gleiche gilt für die durchschnittlich bewohnten Quadratmeter pro Person im Raumwärmebereich.

Sehr wenige Maßnahmen(bündel) lassen sich nur in schrumpfenden Stadtteilen umsetzen, bzw. ihre Wirkung wäre durch die konstante Bevölkerungszahl verändert. Im Verkehrsbereich sind das erstens das Wohnflächenmoratorium, zweitens der Abriss von leer stehenden Bauten am Rand bzw. Verfolgung des Leitbildes «Schrumpfung vom Rand» sowie drittens Umzugsmanagement zur Förderung der Ansiedlung der Bevölkerung in zentralen Gebieten mit stabil zu haltender Dichte. Im Raumwärmebereich zählt dazu nur das Wohnflächenmoratorium, welches lediglich im TTS-Szenario für den Zeitraum 2030 bis 2050 quantifiziert werden würde. Diese Maßnahmen werden in die folgenden Sensitivitätsrechnungen nicht mit übernommen. Die übrigen Maßnahmen und Strategien können unabhängig von der Einwohnerentwicklung zur Förderung der Energiesuffizienz eingeführt werden.

In Tabelle 49 und in Tabelle 50 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten Vohwinkeler Bevölkerung in den beiden betrachteten Sektoren jeweils innerhalb der drei Szenarien Referenz, MS und TTS in den Szenarioreihen «Hauptszenarien» und «konstante Bevölkerung» vergleichend dargestellt. Die Zahlen beider Tabellen machen deutlich, dass ohne den Effekt des Bevölkerungsrückgangs die CO<sub>2</sub>-Minderungserfolge in allen Szenariopfaden geringer ausfallen.

Im Bereich des alltäglichen Personenverkehrs wird bei konstanter Bevölkerungszahl von 2010 nur etwas mehr als die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert (54 %) im Vergleich zu 64 % beim angenommenen Bevölkerungsrückgang.

Insgesamt liegen die Unterschiede in den einzelnen Szenarien zwischen 6 Prozentpunkten (optimistische Schätzung TTS-Szenario) und 10 Prozentpunkten (Referenz-Szenario). Bei konstanter Bevölkerungszahl wird die Minus-80-Prozent-Zielmarke, wie bei den Hauptszenarien, lediglich im TTS-Szenario bei optimistischer Wirkungsschätzung der Maßnahmen(bündel) mit minus 88 % erreicht.

**Tabelle 49: Sensitivität Bevölkerung (alltäglicher Personenverkehr): Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (t) der gesamten Vohwinkeler Bevölkerung**

CO <sub>2</sub> -Emissionen (t) der Vohwinkeler Bevölkerung für den alltäglichen Personenverkehr	1990	2050	Veränderung 1990 bis 2050
<b>Referenz-Szenario</b> mit konstanter Bevölkerung ab 2010	41.240	18.960	minus 54 %
Referenz-Szenario mit Bevölkerungsentwicklung aus den Hauptszenarien	41.241	14.785	minus 64 %
<b>MS-Szenario</b> mit konstanter Bevölkerung ab 2010	41.240	17.422 - 18.178	minus 56 % - 58 %
MS-Szenario mit Bevölkerungsentwicklung aus den Hauptszenarien	41.240	13.427 - 14.175	minus 66 % - 67 %
<b>TTS-Szenario</b> mit konstanter Bevölkerung ab 2010	41.240	5.104 - 12.990	minus 69 % - 88 %
TTS-Szenario mit Bevölkerungsentwicklung aus den Hauptszenarien	41.240	2.608 - 8.963	minus 78 % - 94 %

Quelle: eigene Darstellung

**Tabelle 50: Sensitivität Bevölkerung (Raumwärme privater Haushalte): Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten Vohwinkeler Bevölkerung**

CO <sub>2</sub> -Emissionen (t) der Vohwinkeler Bevölkerung für Raumwärme	1990	2050	Veränderung 1990 bis 2050
<b>Referenz-Szenario</b> mit konstanter Bevölkerung ab 2010	51.451	16.060	minus 69 %
Referenzszenario mit Bevölkerungsentwicklung aus den Hauptszenarien	51.451	12.454	minus 76 %
<b>MS-Szenario</b> mit konstanter Bevölkerung ab 2010	51.451	14.577 - 15.090	minus 71 % - 72 %
MS-Szenario mit Bevölkerungsentwicklung aus den Hauptszenarien	51.451	10.771 - 11.273	minus 78 % - 79 %
<b>TTS-Szenario</b> mit konstanter Bevölkerung ab 2010	51.451	10.936 - 12.823	minus 75 % - 79 %
TTS-Szenario mit Bevölkerungsentwicklung aus den Hauptszenarien	51.451	7.493 - 9.095	minus 82 % - 85 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Im Bereich der Raumwärmenachfrage privater Haushalte wird im Referenzszenario mit konstanter Bevölkerungszahl eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 69 % erreicht. Beim Hauptszenario wird ein Wert von minus 76 % erzielt. Während beim MS-Hauptszenario das minus 80 %-Ziel bei optimistischer Schätzung fast erreicht wird (minus 79 %), erscheint das Ziel im MS-Szenario mit konstanter Bevölkerung mit Werten von minus 71 % bis minus 72 % weit entfernt. Beim TTS-Szenario mit konstanter Bevölkerungszahl wird bei der optimistischen Schätzung das minus 80 % Ziel beinahe erreicht. Dafür wird im TTS-Szenario der Hauptszenarien mit beiden Werten das Ziel erstmals übertroffen (minus 82 % bis 85 %). Aufgrund der geringeren Anzahl an Maßnahmen(bündeln) und geringeren Spannweite bei der Wirkungsabschätzung sind die Unterschiede zwischen den Szenariopfaden einer Szenarioreihe und zwischen den Wirkungsspannweiten kleiner als beim alltäglichen Personenverkehr.

Sollte entgegen der langfristigen Prognosen die Bevölkerungszahl in Vohwinkel ab 2010 stabil bleiben, so wird durch die Sensitivitätsrechnung deutlich, dass noch größere Anstrengungen zur Erreichung des CO<sub>2</sub>-Minderungsziels notwendig sind. Besonders deutlich wird dies in den Referenzszenarien ohne Energiesuffizienz-Maßnahmen. Das gilt für beide betrachteten Bereiche, wobei der alltägliche Personenverkehrsbereich im Referenzszenario deutlich hinter den Werten des Raumwärmebereichs privater Haushalte liegt. Beim alltäglichen Personenverkehr kann Energiesuffizienz bei konstanter Bevölkerungszahl nur im TTS-Szenario und auch nur bei optimistischer Schätzung der Maßnahmenwirkung zur Erreichung des Minus-80-Prozent-Ziels beitragen. Bei der Raumwärme privater Haushalte wird das Ziel bei konstanter Bevölkerungszahl ab 2010 auch im TTS-Szenario nicht erreicht.

## 8 Interpretation der Resultate

Ziel dieses Kapitels ist die zusammenführende Diskussion der auf Grundlage des Forschungsstandes der zentralen Themenfelder und der theoretischen Vorüberlegungen gewonnenen Erkenntnisse mit den Ergebnissen der empirischen Untersuchung. Im Folgenden werden die Resultate der empirischen Untersuchung (Kapitel 6 und 7) anhand des theoretischen Analysekonzeptes (Kapitel 3) interpretiert. Im Zuge der explorativ ausgerichteten Untersuchung wurden in Kapitel 3.4 theoriegeleitet Thesen formuliert. In diesem Kapitel werden sie auf Basis der Erkenntnisse der empirischen Untersuchung reflektiert. Außerdem werden die in Kapitel 1 aufgeworfenen Forschungsleitfragen beantwortet. Dabei ist zu beachten, dass sich die Ergebnisse zunächst nur auf den Stadtbezirk Wuppertal-Vohwinkel beziehen. Vohwinkel steht aber hier exemplarisch für den Typus eines langfristig schrumpfenden Stadtteils, wie er in Wuppertal, Deutschland und einigen anderen Industrienationen weltweit vorkommt. Zwar ist eine Verallgemeinerung der Ergebnisse nur eingeschränkt möglich, dennoch geben diese - gerade im theoretischen Bereich - Anhaltspunkte für die Weiterentwicklung und Anwendbarkeit der Konzepte auf das Forschungsfeld Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung.

Die zwei Phasen «Problemanalyse» und «Entwicklung von Visionen» des *transition enabling cycle* (vgl. Kapitel 3.1) haben sich als geeignet erwiesen, das bislang wenig strukturierte Feld der Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung theoriegeleitet aufzubereiten. Durch die Phase der Problemanalyse wurde Systemwissen zu den derzeitigen Akteuren, zu Rahmenbedingungen und Strukturen in Vohwinkel erarbeitet. Anschließend wurde Zielwissen in Bezug auf mögliche Transformationspfade und deren Auswirkung auf die Situation im Jahr 2050 mit Hilfe der Phase der Entwicklung von Visionen generiert. Praktisches Transformationswissen, wie es durch Umsetzung und Evaluierung von Transformationsaktivitäten in der Realität gewonnen wird, wurde nicht erzielt. Dieses würde durch die beiden folgenden Phasen im *transition enabling cycle* gewonnen, war jedoch nicht Bestandteil des Forschungsvorhabens.

Das Konzept der Multi-Level-Perspektive (MLP) dient innerhalb der Phase der Problemanalyse als Grundgerüst für die strukturierte Darstellung und Diskussion der derzeitigen Situation der Stadtentwicklung in Vohwinkel und zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten.

Das Leben in Vohwinkel zu Beginn der 2010er-Jahre wird von einer Reihe kultureller, wirtschaftlicher und infrastruktureller Gegebenheiten geprägt, die es als nicht nachhaltig charakterisieren. Dazu zählen die Autoorientierung in der Verkehrs- und Siedlungsstruktur (sowohl in Vohwinkel als auch in ganz Wuppertal), hohe Komfortansprüche und individualisierte Lebensstile, Wohnflächenzuwachs trotz schrumpfender Bevölkerungszahlen und eine disperse Bevölkerungsverteilung im Stadtbezirk. Diese Faktoren verstärken sich gegenseitig und festigen das Regime. Auf Landschaftsebene werden einige externe Faktoren identifiziert, die

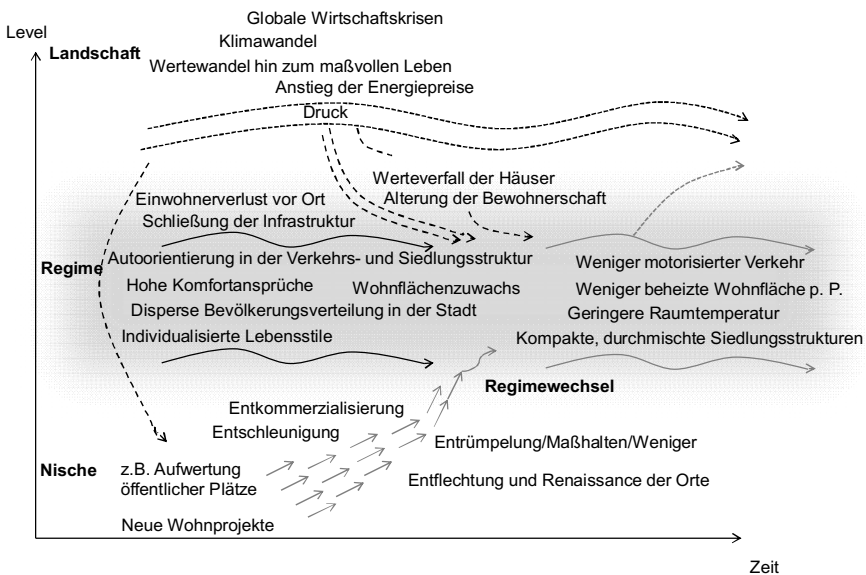
Wandlungsdruck auf das vorherrschende Regime ausüben können. Hier sind zu nennen: ein einsetzender Wertewandel in einigen gesellschaftlichen Gruppen hin zu einer maßvollen Lebensweise, die Wahrnehmung des Klimawandels, globale Wirtschaftskrisen und ein langfristiger Anstieg der Energiepreise. Daneben gibt es einige Faktoren, die ebenfalls das derzeitige System unter Druck setzen, aber nicht der externen Landschaftsebene zugeordnet werden, sondern durchaus auf Regimeebene maßgeblich bestimmt werden. Hierbei handelt es sich um den Einwohnerverlust in Vohwinkel, die Schließung von Infrastrukturen, einen Wertverlust vieler Häuser und die Alterung der Bevölkerung (vgl. Kapitel 6.2).

Die Auswertung der empirischen Untersuchung hat deutlich gemacht, dass es eine Reihe von Ansätzen im Nischenbereich gibt, die das Potenzial haben, das derzeitige Regime grundlegend zu wandeln. Dazu zählen sowohl eine breite Akteurskoalition, welche sich gut vorstellen kann, das Thema Energiesuffizienz in Zukunft zu fördern und umzusetzen, als auch konkrete Maßnahmen und Strategien zur Ermöglichung energiesuffizienten Verhaltens. Welche das sein können und welche Wirkung sie in verschiedenen Dimensionen entfalten können, wurde in Kapitel 6.3 dargestellt. Würden sich die neuen Verhaltensweisen, Praktiken und infrastrukturellen Veränderungen durchsetzen, bedeutete dies einen tiefgreifenden Wandel in der bisherigen Lebensweise in Vohwinkel und im Nachfrageverhalten nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen in den Bereichen Raumwärme privater Haushalte und alltäglicher Personenverkehr. Das neue Regime ist dann gekennzeichnet durch einen Rückgang des motorisierten Personenverkehrs, der durchschnittlichen, beheizten Wohnfläche pro Kopf, der durchschnittlichen Raumtemperatur sowie einer Siedlungs- und Verkehrsstruktur, die kompakt bleibt und sich durch eine verträgliche Durchmischung der Funktionen auszeichnet.

Viele der analysierten Handlungsmöglichkeiten sind Pull-Maßnahmen, deren Umsetzung jeweils von verschiedenen Akteuren auf kommunaler Ebene gefördert werden können. Obwohl für die Umsetzung auch Ressourcen wie Geld, Zeit und in vielen Fällen Material eingesetzt werden müssen, ist die Umsetzung nicht an formale Regelsysteme gebunden, bei denen eine Reihe von gleichberechtigten Vetospielern interagieren. Viele Maßnahmen könnten durch das engagierte Handeln einzelner oder weniger Akteure umgesetzt werden. Auch bei der Analyse dessen, was heute schon an Energiesuffizienz-Maßnahmen umgesetzt wird, ist deutlich geworden, dass es größtenteils um punktuelle Aktivitäten geht. Diese Ergebnisse stimmen mit der Interaktionsform «Einseitiges Handeln» (vgl. Kapitel 3.2) überein, die im Rahmen der Akteursanalyse als vorherrschende Interaktionsform herausgestellt worden ist.

Abbildung 54 fasst die Ergebnisse eingebettet in den Analyserahmen des MLP-Konzeptes zusammen.

**Abbildung 54: Multi-Level-Perspektive auf das Untersuchungsfeld Energiesuffizienz in der Stadt(teil)entwicklung von Vohwinkel**



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Geels 2002

**Forschungsfrage 1 aus Kapitel 1: Wer** kann zur Umsetzung der Strategie der Energiesuffizienz auf Ebene der Stadt(teil)entwicklung unter Schrumpfungsbedingungen (für den alltäglichen Personenverkehr und die Raumwärmenachfrage privater Haushalte) **was** tun?

Eine Schwäche des MLP-Konzeptes ist die geringe Integration der Akteursperspektive, obwohl Akteuren generell eine große Bedeutung im Transition-Ansatz zugesprochen wird. Daher wurde in der Phase der Problemanalyse eine Akteursanalyse (vgl. Kapitel 6.1) auf Basis zentraler Analysekatoren des Akteurzentrierten Institutionalismus (AZI) durchgeführt, die nicht nur die Akteure identifiziert und sie Akteurstypen zuordnet, sondern ihre Handlungsorientierung und Handlungsressourcen untersucht. Eine Analyse der Rahmenbedingungen und Interaktionsformen rundet die Akteursanalyse für das Handlungsfeld Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung in Vohwinkel ab (vgl. Kapitel 6.2). Besonders herauszustellen ist die Rolle der Akteursgruppen «Bürger» und «Kommune». Erstgenannte schließen Untergruppen wie Bewohner, Nutzer, Konsumenten und Haushalte mit ein. Die «Kommune» ist unterteilt in Stadtverwaltung, hier besonders das Stadtplanungsamt, und Lokalpolitiker. Die Rolle der Bürger ist herauszustellen, weil sie diejenigen sind, die im privaten Bereich die Energie nachfragen und die Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung teilweise umsetzen müssen. In den Akteursgesprächen ist eine



weitere Bedeutung der Bürger für Energiesuffizienzförderung deutlich geworden. Durch ihr Handeln und die Diskussion mit Familienmitgliedern, Freunden und Nachbarn kann jeder Einzelne im privaten Bereich für das Thema sensibilisieren (Sensibilisierungs- und Vorbildfunktion). Neben persönlichen Ressourcen wie Geld, Gesundheit und Lebensstil beeinflussen organisatorische und räumliche Gegebenheiten vor Ort die Energienachfrage. Von den kommunalen Akteuren wird bei der Gestaltung der Gegebenheiten eine doppelte Funktion erwartet. Zum einen macht die Akteursanalyse deutlich, dass die Kommune bei zahlreichen Energiesuffizienz-Maßnahmen Handlungspotenzial besitzt und dieses konsequent ausschöpfen sollte (z.B. Gegebenheiten für nicht-motorisierten Verkehr verbessern, kompakte bauliche Strukturen fördern, Informationskampagnen, Umzugsmanagement). Zum anderen äußern viele der befragten Akteure die Erwartung, dass die kommunalen Akteure auch selbst als Nachfrager von Energiedienstleistungen energiesuffizientes Verhalten umsetzen (z.B. Nutzung von Dienstfahrrädern anstelle von Dienstwagen). Die Analyse verdeutlicht das Wechselspiel zwischen kommunalen Akteuren, die den Rahmen für Energiesuffizienz setzen, und dem einzelnen Individuum, das durch sein Handeln die praktische Ausgestaltung und Umsetzung von energiesuffizientem Verhalten bestimmt. Eine Vielzahl weiterer Akteure, die auf lokaler Ebene Energiesuffizienz in den betrachteten Systemen fördern, gilt es für das Thema zu motivieren. Zu den übergeordneten Akteursgruppen zählen lokale Wirtschaftsunternehmen, Immobilienmarktakteure, zivilgesellschaftliche Akteure, Verkehrsunternehmen und bekannte Persönlichkeiten vor Ort.

Die Analyse der Handlungsressourcen hat gezeigt, dass Akteure unterschiedliche Ressourcen in den Prozess mit einbringen. Sie decken ein breites Spektrum an Mitteln ab. Einige Akteure verfügen über das Potenzial, Verhandlungen und Mehrheitsentscheidungen zum Thema Energiesuffizienz einzufordern bzw. anzustoßen. Eine bereite Akteurskoalition würde die Erfolgsaussichten erhöhen. Aufgrund der Vorbehalte gegenüber einer konsequenten Energiesuffizienzpolitik, die die befragten Akteure meist anderen Akteuren unterstellt haben, ist aus heutiger Sicht in Vohwinkel die Interaktionsform «Hierarchisches Handeln» nicht erstrebenswert. Es müsste befürchtet werden, dass in dem Fall eine Gegenbewegung von Seiten einzelner Akteursgruppen gebildet würde.

Es bleibt festzuhalten, dass die kommunale Ebene im Bereich der Stadtentwicklung von den zentralen Akteuren durchaus als geeignete Ebene anerkannt wird, um Energiesuffizienz zu fördern. Auch ist bei den meisten Akteuren die Motivation zu erkennen, sich mit dem Thema stärker als bislang zu beschäftigen. Bezogen auf das MLP-Konzept und die Verortung der zentralen Akteure im Handlungsfeld wird deutlich, dass ein Großteil bereits im derzeitigen Regime aktiv ist und dennoch für die Förderung von Nischeninnovationen (Energiesuffizienz-Maßnahmen) offen ist. Somit scheint in diesem Anwendungsfall eine strikte Trennung von Nischen- und Regimeakteuren zum derzeitigen Forschungspunkt (noch) nicht sinnvoll. Es muss

abgewartet werden, ob die Akteure tatsächlich in der Praxis zur Förderung der Energiesuffizienz-Strategien bereit sind. Nach der Problemanalyse und der Visionsentwicklung wird deutlich, dass die Stadt(teil)ebene im vorliegenden Handlungsfeld nicht als Nische an sich definiert wird und «die Stadt» auch nicht als einer von vielen handelnden Akteuren. Vielmehr wird die Stadt(teil)ebene in Anlehnung an SPÄTH/ROHRACHER (2012: 466) «quer» zu den Ebenen des MLP-Konzeptes gesehen und als konkreter Raum betrachtet, in dem sich, entsprechend den Vorstellungen des MLP-Konzeptes, ein grundlegender Wandel des Systems vollziehen kann.

In den Szenarien ist deutlich geworden, dass es nicht ausreichen wird, nur Maßnahmen und Strategien umzusetzen, die aus heutiger Sicht von den zentralen Akteuren als «gut umsetzbar» eingeschätzt werden, um Energiesuffizienz als handlungsleitende Strategie in Vohwinkels Stadt(teil)entwicklung zu etablieren. Dies würde zum einen die Anzahl der Maßnahmen stark einschränken. Zum anderen handelt es sich bei diesen um Pull-Maßnahmen, deren Effekte auf die Suffizienzindikatoren von den befragten Experten aus qualitativer Sicht als gering und in quantitativer Sicht größtenteils als nicht abschätzbar bewertet wurden. Der größte Teil der Maßnahmen im Personenverkehrsbereich wird der Entschleunigung zugeordnet. Im Raumwärmebereich zählen die meisten Strategien und Maßnahmen zur Gruppe Entrümpelung/Maßhalten/Weniger.

Tabelle 51 und Tabelle 52 zeigen für die Untersuchungsbereiche Raumwärme privater Haushalte und motorisierte Personenverkehr, welchen Akteursgruppen bei welchen Strategien im Zuge der Einführung und Umsetzung eine zentrale Rolle spielen können. Dabei werden sowohl die Einschätzungen der Akteure selbst als auch die Bewertungen der Experten und der Autorin einbezogen. Bei Betrachtung der Verteilung der Akteure auf die Strategien wird deutlich, dass ohne die Unterstützung und Akzeptanz der Bevölkerung die Umsetzung nicht möglich ist.

**Tabelle 51: Strategien und zentrale Akteursgruppen für die Einführung und Umsetzung im Raumwärmebereich privater Haushalte**

Akteursgruppen:	Bevölkerung	Kommune	Wirtschaft	Immobilienmarkt	Zivilgesellschaft	Bekannte Persönlichkeiten
Strategien:						
Wohngemeinschaften	X	X	X	X	X	X
Umzugsmanagement	X	X		X	X	X
Abtrennen von Räumen	X		X	X		
Flexible Wohnformen	X		X	X		
Aufteilen von Häusern	X		X	X		
Kleinere Wohnungsgröße bei Neubauten	X	X	X	X		
Gemeinschaftsräume	X			X		
Wohnflächenmoratorium	X	X	X	X	X	X
Temperaturunterschiede Tag/Nacht	X		X	X		
Nutzungsspezifische Raumtemperaturwahl	X		X	X		
Senkung der Temperatur durch Umdenken	X		X	X		
Stoßlüften	X		X	X		
Automatische Fensteröffnung beim Lüften	X		X	X		

Quelle: eigene Darstellung

Im Raumwärmebereich sind zudem die Immobilienmarktakteure von besonderer Bedeutung. Hinzu kommen bei den Veränderungen am einzelnen Bauobjekt die Wirtschaftsakteure, insbesondere die Handwerker im Heizungsbereich und Architekten. Ebenfalls wichtig für die Einführung vieler Strategien sind die Verwaltung, Politik sowie die Zivilgesellschaft mit den örtlichen Vereinen und Kirchen, welche Informations- und Beratungsangebote einbringen können. Prinzipiell können Informationsangebote zu allen Strategien von allen Akteursgruppen veranlasst oder (mit)organisiert werden. Daher werden in der Tabelle nur diejenigen Strategien markiert, in denen sie eine Umsetzungs-, Wissenstransfer- oder Sensibilisierungsfunktion haben. So ist es in einigen Fällen sicherlich hilfreich, wenn lokal bekannte und geachtete Persönlichkeiten Strategien unterstützen, gerade wenn hierdurch Ver-

änderungen der etablierten Wohnansprüche angestoßen werden, wie beispielsweise bei Wohngemeinschaften oder Mehrgenerationenwohnprojekten.

Im Bereich des motorisierten Personenverkehrs sind besonders die kommunalen Akteure von Bedeutung. Sowohl die Politik als Entscheidungsgremium als auch die Verwaltung spielen bei der Planung und Umsetzung aller Strategien eine zentrale Rolle. Während Wirtschaftsunternehmen bei den Strategien zur Energiesuffizienz orientierten Umsetzung von Lage, Mischung und Dichte wichtige Impulse liefern, stehen die Verkehrsunternehmen bei den Strategien der Verkehrsinfrastruktur im Vordergrund. Zivilgesellschaft und bekannte Persönlichkeiten haben wiederum Informations-, Beratungs- und Vorbildfunktionen.

**Tabelle 52: Strategien für die Einführung und Umsetzung von Energiesuffizienz, zugeordnet zu Akteursgruppen im Personenverkehr**

Akteursgruppen:  Strategien:	Bevölkerung	Kommune	Wirtschaft	Immobilienmarkt	Zivilgesellschaft	Verkehrsunternehmen	Bekannte Persönlichkeiten
Sicherung der Nahraumversorgung	X	X	X				
Nutzungsmischung	X	X	X		X		
Kompakte bauliche Strukturen	X	X	X	X			
Gegebenheiten für nicht-motorisierten Verkehr verbessern	X	X				X	X
Gegebenheiten für motorisierten Verkehr erschweren	X	X				X	X
Beratungsangebote/ Umdenken fördern	X	X	X	X	X	X	X
Rahmenbedingungen für Wahlfreiheit der Mobilität erhalten	X	X				X	

Quelle: eigene Darstellung

**Forschungsfrage 2 aus Kapitel 1:** Wie könnte das Leben in einer von Energiesuffizienz geprägten Alltagswelt aussehen und **wie viel** CO<sub>2</sub>-Reduktion kann dadurch langfristig (bis 2050) erreicht werden?

Die Beantwortung der zweiten Forschungsleitfrage erfolgt durch die Reflexion der in Kapitel 3.4 aufgestellten Thesen.

**These 1:** Strategien und Maßnahmen im Politikfeld «Energiesuffizienz(förderung)» am Beispiel der Stadtentwicklung sind (aus theoretischer Sicht) geeignet, um den Übergang zu einem nahezu klimaneutralen, nachhaltigen Energiesystem in der Stadt mitzugestalten.

Die Auswertungen haben gezeigt, dass, bis auf wenige Ausnahmen, alle Interviewpartner aus den Bereichen Wissenschaft und Praxis davon überzeugt sind, dass eine umfassende Energiesuffizienzförderung auf lange Sicht verschiedene Vorteile für die Stadtentwicklung und das Leben in der Stadt bieten und zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen. Zu diesen Vorteilen zählen verschiedene Gerechtigkeitsaspekte.

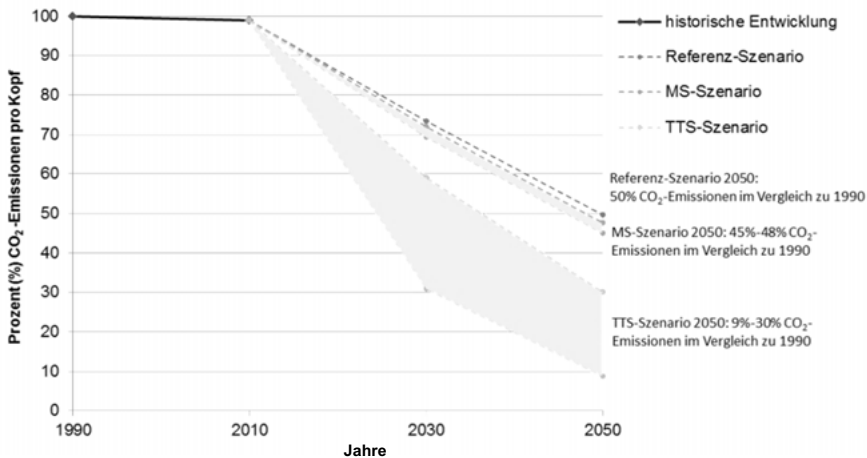
- Gerechtigkeit zwischen den Generationen (senioren- und jugendgerechte Stadt, selbstbestimmtes Leben durch Unabhängigkeit vom Auto, sicherere Teilnahme am Straßenverkehr durch weniger motorisierten Verkehr und geringere Geschwindigkeiten, gegenseitige Hilfe durch Gemeinschaftswohnprojekte)
- Gerechtigkeit zwischen den Einkommensschichten: restriktive und unterstützende Maßnahmen treffen Besser- und Geringverdienende gleichermaßen. Bei rein marktbasierten Instrumenten (z.B. Benzinpreiserhöhung) würden Geringverdienende die Einschränkung früher spüren und es käme zu einer erzwungenen Suffizienz.
- Gerechtigkeit zwischen dem globalen Norden und Süden: Gelingt es, erstmals die seit Jahrzehnten wachsende Nachfrage nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen (pro Kopf) durch Energiesuffizienzförderung zu stoppen und/oder zu verringern ohne eine als Zwang empfundene Einschränkung hinnehmen zu müssen, wäre das ein Zeichen an Entwicklungs- und Schwellenländer, dass der Norden bereit ist, über technische Lösungen hinaus, den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen zu verringern, um einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten. Besonders für Nord-Süd-Städtepartnerschaften und globale Städtebündnisse bzw. Netzwerke ist dies ein interessanter Aspekt der Zusammenarbeit (z.B. *C40 Cities*, *Connective Cities Network*).

Weitere Vorteile energiesuffizienten Verhaltens sind auf individueller Ebene Gesundheitsprävention und Förderung der körperlichen Fitness durch vermehrtes Radfahren und Zu-Fuß-Gehen, die durch verschiedenste Maßnahmen im Stadtteil gefördert werden.

Die langfristigen Szenarien haben gezeigt, dass es neben den sozialen Aspekten ebenfalls Vorteile im ökologischen Bereich gibt. Energiesuffizienz zielt auf eine Verringerung der Energienachfrage ab. Der menschengemachte Klimawandel wird nach wissenschaftlichen Erkenntnissen durch Treibhausgasemissionen verursacht. Im städtischen Bereich privater Haushalte (hier betrachtet: Raumwärme und alltäglicher Personenverkehr) sind das insbesondere CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch Energienachfrage entstehen. Daher werden in den Szenarien (Kapitel 7) neben der Energienachfrage auch die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet, die 98 % der energiebedingten Treibhausgase ausmachen<sup>11</sup> (vgl. UBA 2016a).

Damit durch Energiesuffizienz deutliche Einspareffekte in Bezug auf Energienachfrage und daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vohwinkeler Bevölkerung erzielt werden, ist eine engagierte Umsetzung zahlreicher Maßnahmen(bündel) notwendig. Im «Moderate-Suffizienz»-Szenario wird durch die als «gut umsetzbar» bewerteten Energiesuffizienz-Maßnahmen eine zusätzliche Einsparung um wenige Prozentpunkte erreicht. Das gilt sowohl für den Raumwärme- als auch für den Verkehrsbereich und betrifft die Energieeinsparung genauso wie die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dagegen erreichen die Effekte im «Transition-to-Sufficiency»-Szenario, das aus heutiger Sicht als Zukunftsvision bezeichnet werden kann, in beiden betrachteten Bereichen deutlich höhere Werte bei der Energieeinsparung und bei der Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (vgl. Kapitel 7). Abbildung 55 zeigt exemplarisch für CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf im alltäglichen Personenverkehr die Veränderungen der drei Hauptszenarien zwischen den Jahren 1990 und 2050.

**Abbildung 55: Alltäglicher Personenverkehr: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf in % von 1990 bis 2050**



Quelle: eigene Berechnung

<sup>11</sup> Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) stellen zusammen die restlichen 2% (UBA 2016a).

Mit den Ergebnissen wird einem Kritikpunkt an Suffizienz aus Kapitel 3 teilweise widersprochen, der besagt, dass Energiesuffizienz überflüssig für den Klimaschutz sei. Richtig ist, dass es nicht genügen wird, einzelne konsensorientierte Energiesuffizienz-Maßnahmen umzusetzen. Vielmehr zeigen die Ergebnisse, dass grundsätzlich eine große Vielfalt von Maßnahmen(bündeln) und Strategien zur Verfügung stehen, die zusammen einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Veränderung des Energiesystems hin zur Klimaneutralität leisten können. Wie wahrscheinlich diese Umsetzung ist, stand nicht im Forschungsinteresse der Arbeit. Ziel war es vielmehr, ein konsistentes Bild mit den lokalen Akteuren aufzuzeigen, in dem deutlich wird, wie Vohwinkel sich langfristig entwickeln würde, wenn Energiesuffizienz als handlungsleitende Strategie in der Stadt(bezirks)entwicklung umgesetzt würde.

Tendenziell wird den Push-Maßnahmen von den befragten Experten eine höhere Wirkung zugesprochen. Diese werden von den lokalen Akteuren jedoch mehrheitlich als nur «unter Umständen» oder «eher nicht realisierbar» eingestuft. Dieses Ergebnis deutet auf ein Konfliktpotenzial bei der tatsächlichen Umsetzung der Energiesuffizienz-Strategie in der Stadtentwicklung hin. Eine breite Akteurskoalition, die sich über generelles Interesse am Thema und einzelne Handlungsaktionen hinaus für eine Umsetzung der Strategie stark macht, ist nach den vorliegenden Erkenntnissen Voraussetzung für einen substanziellen Beitrag zur Klimaneutralität.

Des Weiteren haben die Szenarien gezeigt, dass Energiesuffizienz selbst bei konsequenter Umsetzung keinesfalls als alleinige Strategie genügen wird, um die nötigen Mengen an CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen. Vielmehr ist ein Zusammenspiel von Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und Energiesuffizienz notwendig, um ein nahezu klimaneutrales Energiesystem in Vohwinkel langfristig zu erreichen. Damit bestätigen die Ergebnisse auch auf Stadtteilebene die Arbeiten anderer Autoren wie BRISCHKE/SPENGLER (vgl. 2011), LINZ (vgl. 2013) und SCHNEIDEWIND/ZAHRNT (vgl. 2013), die auf allgemeiner Ebene bzw. für das deutsche Energiesystem zu dieser Einschätzung kommen.

Es wird deutlich, dass aus heutiger Sicht zumindest ökologische und soziale Nachhaltigkeitsaspekte durch eine konsequente Energiesuffizienzförderung in der Stadtentwicklung unterstützt werden. Inwieweit auch der wirtschaftliche Aspekt gefördert wird, kann durch die vorliegende Arbeit nicht beantwortet werden und bedarf weiterer Forschung.

Da die Untersuchung in den Phasen der Problemanalyse und der Visionsentwicklung anzusiedeln ist, sind die Ergebnisse bislang nur theoretischer Natur. Ob die Strategien und Maßnahmen in der Praxis zu den gewünschten Ergebnissen führen, ließe sich durch eine Umsetzung beispielsweise in einem Reallabor «Wuppertal-Vohwinkel» untersuchen. Zumindest sind zentrale Akteursgruppen, die Transformationsakteure, für das Thema Energiesuffizienz in Vohwinkel sensibilisiert und stehen dem Thema offen gegenüber.

Eine konsequente Umsetzung der Energiesuffizienz vorausgesetzt, unterstützen die Ergebnisse die These für den Untersuchungsraum Vohwinkel, dass durch Energiesuffizienzförderung der Übergang zu einem nahezu klimaneutralen, nachhaltigen Energiesystem in der Stadt mitgestaltet wird.

**These 2:** Die erfolgreiche Ausrichtung der Lebens- und Wirtschaftsweise an den Indikatoren energiesuffizienten Verhaltens im städtischen Raum bedeutet einen grundlegenden Wandel (Transition) der bisherigen Entwicklung hin zu einem anderen System.

Nach mehreren Jahrzehnten des Wachstums im Bereich der Siedungs- und Verkehrsfläche, der Wohnfläche und des Verkehrsaufwandes mit motorisierten Verkehrsmitteln bedeutet die Ausrichtung des Systems auf einen Nachfragerückgang in diesen Bereichen einen grundlegenden Wandel. Dies wird auch dadurch deutlich, dass ein energiesuffizientes Verhalten, gefördert durch die organisatorischen und infrastrukturellen Gegebenheiten vor Ort, von den Interviewpartnern oftmals als Zukunftsvision beschrieben wird, die zwar als wünschenswert erachtet wird, aber aus Sicht heutiger Systemvoraussetzungen ohne grundlegenden Wandel schwer umsetzbar ist. Energiesuffizientes Verhalten fordert diesen grundlegenden Wandel auf verschiedenen Ebenen ein. Ein Teil des suffizienten Verhaltens wird durch eine Veränderung in der Alltagspraxis der Bevölkerung hervorgerufen. Routinierte Verhaltensmuster werden dann daraufhin untersucht, ob schon bei heutigen Rahmenbedingungen Einsparpotenziale ausgeschöpft werden können.

Ein weiterer Bereich, der das Energiesystem in der Stadt beeinflusst und tiefgreifenden Wandlungen unterzogen ist, ist die Bewertung weit verbreiteter gesellschaftlicher Normen zu den Themenfeldern Bauen und Wohnen sowie Personenverkehr. Im letzten Jahrhundert ist das Auto(fahren) immer mehr als Statussymbol von weiten Teilen der Gesellschaft bewertet worden, was mit den Begriffen «höher» (SUVs), «schneller» (mehr PS), «weiter» (gefahrte km) zusammengefasst werden kann. Dies wurde auch in den Gesprächen mit den Vohwinkeler Akteuren angesprochen. Die Anzahl der zugelassenen Kraftfahrzeuge privater Halter in Vohwinkel stieg zum Beispiel um 6,6 % von 14.208 im Jahr 1990 auf 15.141 im Jahr 2010, obwohl die Einwohnerzahl von 33.401 auf 30.969 sank (vgl. Stadt Wuppertal 2013).

Auch im Bereich der Wohnansprüche erfordert Energiesuffizienz einen grundlegenden Wandel des bisherigen Trends. Seit dem zweiten Weltkrieg wächst die Wohnfläche pro Person in Deutschland. Außerdem entspricht das Einfamilienhaus, in dem auch bei Veränderungen der Haushaltzusammensetzung ein hohes Beharrungsvermögen der Besitzer festzustellen ist, den Wohnwünschen weiter Bevölkerungsteile (vgl. Kapitel 2.6.1). Dieser Trend wurde auch in den Akteursinterviews in Vohwinkel deutlich. Die Entwicklung wiederum führt zu einer Siedlungs- und



Verkehrsflächenausweitung bei abnehmender Einwohnerdichte in schrumpfenden Regionen. Auch in Vohwinkel wurden und werden land- und forstwirtschaftliche Flächen zur Siedlungs- und Verkehrsfläche umgewidmet (vgl. Kapitel 5). Energiesuffizienz in Vohwinkel würde besonders durch die Verbindung mit dem Einwohnerrückgang eine Umkehr dieser Entwicklung bedeuten (vgl. Kapitel 7).

Darüber hinaus verlangt Energiesuffizienz ein Umdenken beim Technologieverständnis, das sich über viele Jahre in Teilen der Gesellschaft entwickelt hat und davon ausgeht, dass (weitestgehend) allein durch technische Innovationen Antworten auf die fehlende Nachhaltigkeit der heutigen Lebensweise gefunden werden (vgl. Kapitel 6.1). Die Szenarien zeigen jedoch, dass auch nicht-technische Veränderungen wie energiesuffizientes Verhalten zu einem Systemwechsel hin zur Nachhaltigkeit beitragen können. Neue Routinen und Verhaltensmuster werden langfristig übernommen. Dass dies mittel- und langfristig geschieht, betonen auch die Experten und Akteure. Wie stark die Lebensweise durch die Ausrichtung an Energiesuffizienz verändert werden würde, zeigen die Entwicklungen der Indikatoren zur Messung von Energiesuffizienz im TTS-Szenario, das eine Zukunftsvision darstellt (Tabelle 53).

**Tabelle 53: Veränderung der Indikatoren zur Messung energiesuffizienten Verhaltens in den Bereichen Raumwärme und Personenverkehr im TTS-Szenario**

	2050 (2010)	Veränderung der CO <sub>2</sub> - Emissionen pro Kopf 1990 bis 2050
durchschnittliche Wegelänge (km) mit motorisierten Verkehrsmitteln	5,0 - 10,2 (11,4)	minus 70 % bis 91 % (ohne engagierte Energiesuffizienz-Maßnahmen minus 50 %)
durchschnittliche Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Tag	1,3 - 2,2 (2,7)	
durchschnittlich bewohnte und beheizte Quadratmeter (m <sup>2</sup> ) pro Person	33,5 - 37,5 (37,3)	minus 76 % bis 81 % (ohne engagierte Energiesuffizienz-Maßnahmen minus 67 %)
durchschnittliche Raumtemperatur in der Wohneinheit (°C)	19,1 - 19,4 (20,5)	

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung

Mit der Methode der *transition scenarios* wurde dieses normativ abgeleitete Szenario erarbeitet. Die quantitativen Ergebnisse sind ein Teil des TTS-Szenarios, das die Größenordnung der Veränderung deutlich macht, wenn die Annahmen eintreten.

Aufgrund der in Kapitel 7 dargelegten Unsicherheiten wurden Korridore von Wirkungsabschätzungen erarbeitet. Bei der Betrachtung der durchschnittlichen Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln ergibt sich eine Spannbreite zwischen 5,0 km und 10,2 km. Gerade die optimistische Wirkungsabschätzung der Maßnahmen(bündel) würde eine erhebliche Umstellung des Verkehrsverhaltens bedeuten. 2010 betrug die Wegelänge in dieser Kategorie 11,4 km. Im Fall der optimistischen

Schätzung würde die durchschnittliche Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln mehr als halbiert. Wie sich die Wegelänge zu Fuß oder mit dem Fahrrad verändern würde, war nicht Bestandteil der Szenarienentwicklung. Die durchschnittliche Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Tag würde von 2,7 in 2010 auf 1,3 bis 2,2 Wege reduziert. Das bedeutet bei optimistischer Wirkungsabschätzung durch die Experten eine Halbierung der durchschnittlichen Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln. Auch diese Werte zeigen das Ausmaß der Verhaltensänderung. Bezogen auf die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf erreichen die beiden Veränderungen der Indikatoren Wegelänge und Wegezahl Werte von 70 % bis 91 % im Vergleich zu 1990. Im Referenz-Szenario ohne Energiesuffizienz-Maßnahmen würde lediglich eine Einsparung von 50 % erzielt.

Auf eine Besonderheit ist hinzuweisen, die bei der Analyse des alltäglichen Personenverkehrs deutlich geworden ist. Da in diesem System die große Mehrheit der Maßnahmen(bündel) sowohl auf die Wegelänge als auch auf die Wegeanzahl mit motorisierten Verkehrsmitteln Einfluss nehmen, können bei einer Maßnahme Wechselwirkungen zwischen den Indikatoren entstehen. Das Maßnahmenbündel «Multifunktionsläden in Quartieren und dezentrale Abholstationen für Bestellungen über das Internet» kann beispielsweise zum einen eine Verringerung der Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln bewirken, wenn Einkäufe nun zu Fuß oder mit dem Fahrrad erledigt werden. Werden aber die schon zuvor meist kurzen Wege zum Einkaufen mit dem motorisierten Verkehr weiter verkürzt und zusätzlich verlagert, würde dies eher zu einem Anstieg der durchschnittlichen Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln führen. Es ist auch denkbar, dass längere Einkaufsfahrten, die relativ selten unternommen werden, ersetzt werden durch kürzere Fahrten mit motorisierten Verkehrsmitteln zu den Multifunktionsläden/Abholstationen. Dies hätte den Effekt, dass sich die durchschnittliche Wegelänge mit den motorisierten Verkehrsmitteln verkürzt, die Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln aber zunimmt. Die Experten schätzen im Mittel das Minderungspotenzial für beide Indikatoren als gering ein. Dieses Beispiel zeigt die Grenzen der Wirkungs- und Größenordnungsabschätzung durch die Experten. Eine wissenschaftliche Begleitung konkreter Umsetzungsprojekte könnte solche Effekte ex-post evaluieren. Eine Hochrechnung auf langfristige Effekte über knapp 40 Jahre wäre aber auch hier mit sehr großen Unsicherheiten behaftet.

Im Raumwärmebereich privater Haushalte sind von den Experten und lokalen Akteuren wesentlich weniger Strategien und Maßnahmen diskutiert worden. Die durchschnittlich bewohnten und beheizten Quadratmeter pro Person in Vohwinkel würden durch die Maßnahmen im TTS-Szenario bei konservativer Schätzung in etwa stabilisiert. Das bedeutet, sie liegt 2050 bei 37,5 m<sup>2</sup>. Der Wert ist damit kaum größer als 2010 mit 37,3 m<sup>2</sup>. Bei Eintritt der optimistischen Schätzung würden sie hingegen deutlich auf 33,5 m<sup>2</sup> (=minus 10 %) reduziert. Wie oder ob sich die Wahl der Raumtemperatur in der Vergangenheit geändert hat, ist bislang weder für Voh-

winkel noch allgemein in Deutschland untersucht worden. Die Änderung der durchschnittlichen Raumtemperatur pro Wohneinheit aufgrund der langfristigen Energiesuffizienzförderung erscheint mit 19,1 bis 19,4 ° C nicht unrealistisch.

Für beide untersuchten Sektoren würde sich im TTS-Szenario mit optimistischer Wirkungsabschätzung eine erhebliche Veränderung der bisherigen Verhaltensweisen ergeben. Die durchschnittlich bewohnten und beheizten Quadratmeter würden von 37,3 m<sup>2</sup> im Jahr 2010 auf 33,5 m<sup>2</sup> sinken. Die durchschnittliche Raumtemperatur würde von 20,5° C auf 19,1 ° C gesenkt. Die durchschnittliche Wegelänge eines Weges mit motorisierten Verkehrsmitteln würde von 11,4 km auf 5,0 km abnehmen. Die durchschnittliche Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln (pro Person/Tag) würde von 2,7 auf 1,3 mehr als halbiert.

Insgesamt untermauert die empirische Untersuchung die These, dass die Umsetzung energiesuffizienten Verhaltens eine Transformation hin zu einem anderen System bedeutet.

**These 3:** Die radikale Änderung bei Energiesuffizienz ist nicht die Technologie oder Maßnahme an sich, sondern das Ende einer jahrzehntelangen Entwicklung, die durch Nachfragewachstum bei vielen energieintensiven Verhaltensweisen geprägt ist und die dahinterstehende Bewertung durch die Gesellschaft. Auf die Typologie des *transition pathway* bezogen, bedeutet dies: P4 **Umgestaltung** (*reconfiguration*): Lawine trifft auf entwickelte Nischeninnovationen als *add-ons* und Austauschkomponenten.

Eine weitere Charakterisierung von Energiesuffizienz im Transition-Prozess wird mit der Bestimmung des *transition pathways* vorgenommen (vgl. Kapitel 3.1). Die Analyse der Faktoren, die auf der Landschaftsebene Druck auf das System der Stadtentwicklung ausüben, hat gezeigt, dass mehrere Trends vorhanden sind, die ein «Weiter wie bisher» des Systems erschweren. In Abbildung 54 sind diese Treiber dargestellt. Da es sich um sehr unterschiedliche Faktoren aus den Bereichen Kultur, Demographie und Wirtschaft handelt, die sich zu einer stärker werdenden Bewegung zusammenschließen können, wird als Art der Veränderung die Lawine (vgl. Kapitel 3.1) bestimmt. An der Entstehung einer Lawine sind mehrere Faktoren beteiligt, z.B. große Mengen Neuschnee, Zusatzbelastung durch Skifahrer, Temperaturunterschiede. Zudem werden zum Beispiel ausgehend von einem kleinen Schneebrett mit der Zeit weitere Materialien (Büsche/Bäume, Felsen, Hütten etc.) mitgerissen und zu einer immer größer werdenden Lawine vereint. Übertragen auf den *transition pathway* bedeutet das, dass sich auf der Landschaftsebene verschiedene Strömungen vereinen und schließlich gemeinsam Druck in Richtung Veränderung des bisherigen Regimes ausüben. Inwieweit der Druck dieser Faktoren als «relativ schnell auftretend» bezeichnet werden kann, ist zu diskutieren. Da eine langfristige Betrachtung vorgenommen wird, ist es nicht zwingend, dass sich der Druck

innerhalb eines Jahres aufbaut. Vielmehr ist von mehreren Jahren auszugehen. Das akute Auftreten und das Druckpotenzial werden durch einzelne Ereignisse ausgelöst, die eher selten vorkommen. Damit ist gemeint, dass der Druck zwar insgesamt beständig wächst, die einzelnen Faktoren aber durchaus das größte Druckpotenzial zu bestimmten Gegebenheiten ausüben, z.B. gibt es trotz anhaltender globaler Wirtschaftskrisen Momente, in denen die Auswirkungen der Krise besonders deutlich werden und zu Veränderungen führen (z.B. neue Veröffentlichungen zu Banken in Schieflage).

Die Voraussetzungen, auf welche die Lawine auf Ebene der Nische trifft, sind sehr heterogen. Die Strategien im Verkehrsbereich sind größtenteils bereits seit einiger Zeit in der nachhaltigen Stadtplanung etabliert, wie bspw. Förderung von Rad- und Fußverkehr oder Sicherung der Nahraumversorgung. Bei den konkreten Maßnahmen gibt es aber durchaus recht neue Konzepte, die als Zusatzmaßnahmen die Strategien unterstützen, so bspw. Wohnflächenmoratorium, *home office* oder dezentrale Abholstationen für Bestellungen über das Internet. Diese Zusatzmaßnahmen (*add-ons*) können durchaus als Nischeninnovationen betrachtet werden, die noch nicht vollständig etabliert/entwickelt sind. Im Bereich Wohnen gibt es mehrere Strategien, die sich ebenfalls noch nicht in der breiten Umsetzungsebene wiederfinden (flexible Wohnformen, Umzugsmanagement/Wohnungstauschbörsen, Mehrgenerationenwohnen). Allerdings ist, wie bei vielen Innovationen im Bereich erneuerbare Energien oder Energieeffizienz, keine technologische Entwicklung notwendig, sondern eher die Etablierung in der Akteurspraxis und die Akzeptanz/Nachfrage durch die Gesellschaft (vgl. Kapitel 7 qualitatives TTS-Szenario).

Das TTS-Szenario zeigt für die beiden untersuchten Bereiche Raumwärme privater Haushalte und alltäglicher Personenverkehr in Vohwinkel, dass hier entgegen der jahrzehntelangen Entwicklung die Indikatorenwerte im Bereich Wegelänge, Wegezahl und Quadratmeter (optimistische Schätzung) erstmals rückläufig sein würden. Doch auch schon eine Stabilisierung der Quadratmeter (konservative Schätzung) würde einen grundlegenden Wandel der Entwicklung auf dem Wohnungsmarkt bedeuten.

Festzuhalten bleibt, dass in Bezug auf These 3 nicht eindeutig zu bestimmen ist, ob es sich um entwickelte Nischeninnovationen handelt oder nicht. Technologisch gesehen gelten die Strategien weitgehend als entwickelt, ihre Umsetzung, Akzeptanz und tatsächliche Wirksamkeit ist aber vielfach noch ungewiss. Vor dem Hintergrund der in den Szenarien getroffenen Annahmen haben die quantitativen Ergebnisse für Vohwinkel gezeigt, dass die Nachfrage nach energieintensiven (Dienst)Leistungen (Nutzung motorisierter Verkehrsmittel und Raumwärme) durch Energiesuffizienzförderung gesenkt wird, was als radikale Änderung der bisherigen Entwicklung charakterisiert werden kann. Und auch das qualitative Bild von Vohwinkel im TTS-Szenario verdeutlicht die Auswirkungen einer Energiesuffizienzorientierung auf das Alltagsleben und die Organisations- und Stadtteilstrukturen.

## 9 Schlussbetrachtung

Nachdem in Kapitel 8 ein Fokus auf die Diskussion der empirischen Befunde in Bezug auf die theoretischen Konzepte gelegt und die Forschungsleitfragen aus Kapitel 1 beantwortet wurden, stehen bei der Schlussbetrachtung die praxisrelevanten Ergebnisse und Folgerungen im Vordergrund. Bei der Darstellung findet auch eine kritische Reflexion des Forschungsprozesses statt. Abschließend wird ein Ausblick auf weiterführende Forschungsthemen gegeben.

In der vorliegenden Arbeit wird Energiesuffizienz als Oberbegriff für eine handlungsleitende Strategie der Nachfragereduktion nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen in verschiedenen Sektoren und Lebensbereichen der Bevölkerung verstanden. Exemplarisch werden der (alltägliche) Personenverkehr und die Nachfrage nach Raumwärme privater Haushalte betrachtet. Beide werden beeinflusst und beeinflussen ihrerseits die Stadtstruktur (Verkehrsinfrastruktur und Wärmesystem).

Vohwinkel steht als Beispiel für einen langfristig schrumpfenden Stadtteil einer altindustriellen Großstadt mit hügeliger Topographie und engagierter Bürgerschaft. Andere Städte/Stadtteile mit ähnlichen strukturellen Gegebenheiten können aus der vorliegenden Untersuchung mögliche Chancen und Schwierigkeiten für die eigene Entwicklung einer Energiesuffizienz-Strategie identifizieren. Zudem bekommen sie eine Idee für die Wirkungsrichtung und Größenordnung der Strategien und Maßnahmen in den dargestellten Szenariopfaden. Die Ergebnisse zu Vohwinkel können eine Diskussionsgrundlage für die nachhaltige, auf Klimaneutralität ausgerichtete Stadtentwicklung liefern. Da sich einzelne Gegebenheiten vor Ort unterscheiden können (z.B. Einstellung der Akteure, Entwicklung der Einwohnerzahlen, strukturelle Voraussetzungen), ist eine problem- und situationsspezifische Einzelfallanalyse nötig.

### 9.1 Reflexion des Forschungsverlaufs und der Methodenwahl

Auf einige Erkenntnisse, die während des Forschungsprozesses deutlich geworden und für die Einordnung der Ergebnisse wichtig sind, wird im Folgenden eingegangen. Unterschiedliche Faktoren führten dazu, dass sich der Forschungsprozess sehr zeitaufwendig gestaltete. Die frühe und beständige Einbindung gesellschaftlicher Akteure vor Ort bei der Entwicklung und Bearbeitung der Themenstellung nahm einerseits viel Zeit in Anspruch und erforderte Flexibilität auf Seiten von Wissenschaft und Praxispartnern. Andererseits ermöglichte die transdisziplinäre Ausrichtung eine praxisorientierte Arbeit bei einem bislang vornehmlich abstrakten Thema, das oft kontrovers diskutiert wird, da persönliches Handeln und Wertevorstellungen im Zentrum stehen. Zudem wurden so Vernetzungsmöglichkeiten für lokale Akteure geschaffen, wie sie in den Prozesskriterien der Methode der *transition scenarios* gefordert werden.

Durch die gemeinsame Entwicklung des Forschungsthemas zwischen Wissenschaft und Praxis entstanden zahlreiche Ideen, die aufgrund zeitlicher Restriktionen nicht weiterverfolgt werden konnten. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um spezifische Themen, die bei einer explorativen, strukturierenden Arbeit wie der vorliegenden zu sehr ins Detail gehen würden wie z.B. die Bedeutung von verkaufsoffenen Sonntagen oder von häuslichen Pflegediensten für energiesuffizientes Verhalten. Teilweise wurden auch Themengebiete, die mit den Experten intensiv diskutiert wurden, im Laufe des Forschungsprozesses nicht weiter ausgearbeitet, da sie im Austauschprozess mit der Praxis als weniger relevant erschienen, z.B. Betrachtungen auf Grundstücksebene mit Gebäudetypen und die Bedeutung unterschiedlicher quantitativer Dichtewerte für die Klimaneutralität des Gebäudebestandes.

Ein weiterer Punkt, der durch die transdisziplinäre Ausrichtung der Arbeit deutlich geworden ist, ist die unterschiedliche Definition von Suffizienz im Verkehrsbereich zwischen Wissenschaft und Praxispartnern. Ein Teil der befragten Verkehrswissenschaftler sieht, im Einklang mit den Ergebnissen der Fachliteraturauswertung, Suffizienz als Verkehrsvermeidung an, ungeachtet des genutzten Verkehrsmittels. In einem separaten Feld wird die Verlagerung vom MIV zum Umweltverbund betrachtet. In der Praxis wurde von vielen Akteuren jede Art der Verhaltensänderung weg vom MIV als suffizientes Verhalten angesehen. Da in der vorliegenden Arbeit die Reduzierung der Nachfrage nach energieintensiven Gütern im Vordergrund steht, wurde die Reduzierung der Nachfrage nach motorisiertem Verkehr gewählt. In Umsetzungsprojekten ist auf eine genaue Definition und ein gemeinsames Verständnis zu achten.

Viel diskutiert wurde die gemeinsame Betrachtung von Personenverkehr und Raumwärme, da hierdurch Abstriche bei der Untersuchungstiefe gemacht werden mussten. Dennoch wird die Kombination der beiden Systeme als sinnvoll erachtet, weil Wechselwirkungseffekte deutlich geworden sind. Aufgegriffen wurden sie in den qualitativen Zukunftsbildern, in denen beide Systeme gemeinsam betrachtet wurden. Bereits in den Experten- und Akteursinterviews wurden einerseits gemeinsame Strategien und Maßnahmen zur Förderung energiesuffizienten Verhaltens identifiziert (z.B. Wohnflächenmoratorium, Bildungskampagnen). Andererseits ist auch deutlich geworden, dass durch bestimmte Strategien in einem System gegensätzliche Effekte im anderen System eintreten können, bspw. kann durch die Förderung von *home office* die Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln verringert werden. Dies führt aber möglicherweise zu mehr Platzbedarf an Wohnfläche und höheren Raumtemperaturen durch längere Aufenthaltszeiten in der Wohnung. Dieses Beispiel führt zu einer weiteren Grenze der hier vorgenommenen Untersuchung. Um den Untersuchungsgegenstand einzugrenzen, wurden die privaten Haushalte als Systemgrenze für beide Bereiche gewählt. Dies führt dazu, dass mögliche Verlagerungseffekte auf Nicht-Wohngebäude (z.B. Bürogebäude, Fabriken)

und den Güterverkehr nicht untersucht wurden (vgl. Kapitel 9.3 zum Forschungsbedarf).

Auch wenn die Quantifizierung nur einen Teil der Szenarien ausmacht, muss an dieser Stelle noch einmal auf die Schwierigkeiten in diesem Zusammenhang hingewiesen werden. Eine Abschätzung der Wirkung der einzelnen Strategien und Maßnahmen über einen langen Zeitraum von 40 Jahren ist mit extremen Unsicherheiten behaftet. Zudem sind Kausalbeziehungen zum Teil schwer herzustellen. Abgesehen davon, dass es kaum ex-post-Evaluierungen über die Effekte einzelner Strategien/Maßnahmen mit den jeweils zwei benötigten Indikatoren gab, ist eine Übertragung aus anderen Stadttypen aufgrund unterschiedlicher Ausgangsbedingungen schwierig. Zudem ist keinesfalls sicher, dass die ex-post-Ergebnisse mit meist kurzen Evaluierungszeiträumen auch auf die Zukunft übertragen werden können. Daher wurde die bereits in anderen Studien erprobte Wirkungsabschätzung der Strategien/Maßnahmen durch Experten mittels (Delphi-)Befragung gewählt. Die Ergebnisse können aber nur einen ersten Anhaltspunkt für die Richtungs- und Größenordnungsschätzung liefern.

Ein Vergleich der erarbeiteten Minderungspotenziale für die Raumwärme privater Haushalte und den alltäglichen Personenverkehr ist aufgrund der Entwicklung der Szenarien nur eingeschränkt möglich. Im Personenverkehrsbereich sind mehr Maßnahmen(bündel) zur Energiesuffizienzförderung definiert und von den Experten quantifiziert worden. Da jede Maßnahme einzeln bewertet und Rückkopplungen nicht untersucht wurden, ist das Minderungspotenzial im TTS-Szenario des alltäglichen Personenverkehrs höher als im TTS-Szenario der Raumwärme privater Haushalte. Inwieweit die Werte in der Realität zu erreichen sind, bleibt abzuwarten.

## 9.2 Praxisrelevante Ergebnisse und strategische Empfehlungen

Zur Ausformulierung und praktischen Umsetzung einer Suffizienzpolitik, wie sie in den letzten Jahren von zahlreichen Wissenschaftlern gefordert wird (vgl. bspw. Sachs 2015, Linz 2015, Schneidewind/Zahrnt 2013, Peach 2013), ist nicht nur eine Auflistung und Analyse möglicher Maßnahmen wichtig, sondern auch die Entwicklung möglicher Zukunftspfade einer an Energiesuffizienz orientierten Lokalpolitik in Form von Szenarien mit quantitativen und qualitativen Elementen. Daher wurden in der vorliegenden Arbeit langfristige Auswirkungen der Energiesuffizienz-Maßnahmen aus heutiger Sicht modelliert, die Stärken und Schwächen dieser Politik aufzeigen. Ein Referenz-Szenario stellt die langfristige Entwicklung der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Teilsystemen Raumwärme privater Haushalte und alltäglicher Personenverkehr ohne Energiesuffizienz-Maßnahmen dar. Diesem werden zwei Energiesuffizienz-Szenarien gegenübergestellt: ein Szenario «Moderate-Suffizienz» (MS), welches auf tatsächliche Umsetzungschancen

der Strategien und Maßnahmen aus heutiger Sicht ausgerichtet ist und ein Szenario «Transition-to-sufficiency» (TTS), das ein eher visionäres Bild entwirft.

Alle drei Szenarien für Vohwinkel zeigen, dass im Jahr 2050 weniger Energie nachgefragt und CO<sub>2</sub> emittiert wird als im Jahr 1990. Vier Gründe werden für den Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen herausgestellt:

- Steigerung der Energieeffizienz
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien
- Rückgang der Einwohnerzahl
- Steigerung energiesuffizienten Verhaltens (nur in den MS- und TTS-Szenarien)

Energieeffizienz und erneuerbare Energien haben in allen drei Szenarien den größten Anteil an der Minderung.

Die beiden Szenarien «MS» und «TTS» unterscheiden sich in verschiedenen Punkten:

- in der Anzahl der Strategien/Maßnahmen: Im MS-Szenario werden wesentlich weniger Strategien und Maßnahmen umgesetzt als im TTS-Szenario.
- in der Einschätzung der Realisierbarkeit durch die lokalen Akteure: Im MS-Szenario werden alle integrierten Strategien/Maßnahmen durch mehr als die Hälfte der Akteure als «gut realisierbar» eingeschätzt. Im TTS-Szenario werden zusätzlich auch Maßnahmen umgesetzt, die aus heutiger Sicht noch keine breite Zustimmung der befragten Akteure finden bzw. deren Umsetzung möglicherweise mit Schwierigkeiten verbunden sein kann.
- in der Art der Strategien/Maßnahmen: Im MS-Szenario werden größtenteils unterstützende Pull-Maßnahmen umgesetzt, die energiesuffizientes Verhalten der Menschen fördern, ohne dass gravierende baulich-infrastrukturelle Eingriffe vorgenommen werden. Im TTS-Szenario werden zusätzlich restriktive Maßnahmen eingeführt.
- in der Einschätzung zur langfristigen Quantifizierungsmöglichkeit durch die Experten: Die Mehrheit der Maßnahmen im MS-Szenario (sowohl bei Raumwärme privater Haushalte als auch beim alltäglichen Personenverkehr) werden von weniger als zwei Drittel der befragten Experten bezüglich ihrer Effekte auf die Energiesuffizienzindikatoren quantitativ bewertet.

Bei der Raumwärmeversorgung und beim Verkehrssystem sind die zusätzlichen Minderungseffekte durch Energiesuffizienzförderung im MS-Szenario in etwa



gleich groß. In beiden Bereichen sind die Effekte im niedrigen einstelligen Bereich und im Vergleich zum jeweiligen visionären TTS-Szenario gering.

Unterschiede zwischen den Raumwärme- und den Verkehrsszenarien bestehen im TTS-Szenario. Da zum einen mehr Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung im alltäglichen Personenverkehr ausgearbeitet wurden und zum anderen in diesem Sektor mehr Maßnahmen von den Experten quantifiziert wurden, sind die Einspar-effekte größer als bei der Raumwärme privater Haushalte. Dies ist ein fallstudien-bezogenes Ergebnis. In anderen Untersuchungsräumen und bei Beteiligung der lokalen Akteure können die Ergebnisse anders ausfallen.

In drei Sensitivitätsanalysen werden die Sanierungsrate, der Anteil der Elektromobilität und die Einwohnerentwicklung variiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Energiesuffizienz bei konsequenter Umsetzung (im TTS-Szenario) als Kompensationsstrategie für den derzeit herrschenden Sanierungsstau und die bislang fehlende Akzeptanz der Elektromobilität dienen kann. Ob diese Strategie allerdings von der Mehrheit der Bevölkerung in der realen Umsetzung mitgetragen würde und die abgeschätzten Effekte der Strategien und Maßnahmen tatsächlich eintreten, ist ungewiss und von der spezifischen Situation vor Ort abhängig. Zumindest die interviewten Akteure in Vohwinkel zeigten generelles Interesse an der explorativen Untersuchung zur Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung.

Die Förderung von Energiesuffizienz ist eine sektorübergreifende Aufgabe, die darüber hinaus auf verschiedenen politischen und räumlichen Ebenen umgesetzt werden muss.<sup>12</sup> Die Arbeit zeigt aber auch, dass sich die **kommunale Ebene als Ansatzpunkt für die Untersuchung von Energiesuffizienz** im Personenverkehr und bei der Raumwärmenachfrage von Haushalten eignet: Obwohl einige interviewte Akteure überrascht waren, dass sie als zentral für die Umsetzung von Energiesuffizienz fördernden Maßnahmen identifiziert worden sind, war das Interesse an dem Thema groß und es wurden zahlreiche Strategien und Maßnahmen identifiziert, die auf lokaler Ebene energiesuffizientes Verhalten unterstützen können. Ein weiterer Vorteil der lokalen Ebene ist das Handlungspotenzial der Kommunen in Bezug auf die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsstruktur, die in beiden untersuchten Bereichen eine wichtige Rolle spielen. Die Wahl der Wohnungslage im Stadtgefüge bestimmt wichtige Energiesuffizienzparameter, wie Wahlmöglichkeiten an Verkehrsmitteln, Entfernung zur Schule, zum Einkaufen etc. Des Weiteren starten und enden die meisten Wege an der Wohnung. Durch die angespannte Haushaltslage einiger Kommunen ist ihr Handlungspotenzial zwar eingeschränkt, es können aber auch finanziell positive Effekte durch innovative Maßnahmen im Bereich der Energiesuffizienz eintreten (z.B. Einnahmen durch Parkraumbewirtschaftung, Erhalt von Schulen durch Mehrfachnutzung). Viele Akteure auf städtischer Ebene können den lokalen Wohnungsmarkt beeinflussen (bspw. lokale Wohnungsgenossenschaften, private Vermieter, Stadtplanungsamt). Der Wohnungsmarkt hat über

<sup>12</sup> Der folgende Teil ist Bestandteil der Vorveröffentlichung von Gröne (2016)

die Qualität des Wohnungsangebotes Auswirkung auf die Raumwärmenachfrage. Darüber hinaus besitzt die Kommune Handlungspotenzial bei der Entwicklung der sozialen und technischen Infrastruktur. Ein weiterer Vorzug der lokalen Ebene ist das Einflusspotenzial der Nachbarschaft und des Freundeskreises als wichtiger Orientierungsfaktor. Soziale Akzeptanz und Motivation können eine wichtige Rolle bei der Veränderung der Bewertung energiesuffizienten Handelns spielen.

Der Vorteil, eine **schrumpfende Stadt als Untersuchungs- und ggf. später als Umsetzungsraum** zu wählen, besteht darin, dass durch den Bevölkerungsrückgang ohnehin infrastrukturelle Änderungen in der Verkehrs- und Siedlungsstruktur anstehen. Somit können viele Energiesuffizienz-Maßnahmen auch zur Aufwertung der Stadt beitragen. Grundsätzlich haben die meisten europäischen Städte aufgrund der kompakten Bebauungs- und Bevölkerungsdichte gute Grundvoraussetzungen für Energiesuffizienz orientierte Lebensstile. Es entsteht aber auch eine Herausforderung durch den «doppelten Rückgang» bei der Untersuchung von Energiesuffizienz in schrumpfenden Stadtteilen. Dieser besteht darin, dass ein langfristiger Rückgang der Einwohnerzahlen als externer Faktor angenommen wird und gleichzeitig durch Energiesuffizienz ein Rückgang der Nachfrage nach Energie(dienst)leistungen pro Kopf erzielt werden soll. Ohne Energiesuffizienzorientierung neigen die befragten Akteure dazu, Strategien zu ergreifen, um dem Leerstand kurzfristig entgegenzuwirken z.B. Senkung der Preise für große Wohnungen, um sie auch für kleine Haushalte interessant zu machen oder das Haushüten-auf-Zeit, das ebenfalls große Wohnflächen für kleine Haushalte interessanter macht. Durch die Ausweitung an beheizter Wohnfläche wird dem Gedanken der Energiesuffizienz entgegengewirkt. Für eine attraktivere Gestaltung der Stadtteile können solche Konzepte zur Leerstandsverminderung aber durchaus sinnvoll sein.

Der **Stadtbezirk Wuppertal-Vohwinkel** als konkreter Raum ist für die Untersuchung der Energiesuffizienz interessant, da dort heute schon vielfältige Herausforderungen in der Stadtentwicklung sichtbar werden, mit denen andere Städte in den kommenden Jahren konfrontiert werden. Dazu sind in der Wahrnehmung der Vohwinkeler Akteure besonders der Bevölkerungsrückgang und die finanziell angespannte Situation der Stadt und vieler Einwohner zu nennen. Auch Möglichkeiten zur Minderung des Klimawandels und zur Klimaanpassung (Grünflächen als Hitzeausgleichsflächen) auf städtischer Ebene spielten in den Überlegungen der lokalen Akteure eine Rolle. Das Bewusstsein für die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung und Verbesserung der Umfeldbedingungen ist in Vohwinkel gegeben. Die Analyse der Interessen und Handlungsmotive der lokalen Akteure in Vohwinkel haben gezeigt, dass das Thema Energiesuffizienz bislang bei rund der Hälfte der identifizierten und befragten Akteure bereits im privaten oder beruflichen Alltag bekannt ist. Außerdem konnten sich alle interviewten Akteure vorstellen, sich in Zukunft für das Thema zu engagieren, was eine gute Grundvoraussetzung für weitere Aktivitäten darstellt. Allerdings fehlt es derzeit an formellen Institutionen zur

Förderung der Energiesuffizienz und die Interaktionsform der Beteiligten beschränkt sich bislang auf einseitiges Handeln.

Im Folgenden sind zentrale strategische Empfehlungen für Städte und Stadtteile, die Energiesuffizienz als Strategie zur langfristigen Unterstützung der Klimaneutralität diskutieren und ggf. einführen möchten, zusammengefasst:

- Sowohl für Städte/Stadtteile mit schrumpfenden als auch stabilen oder wachsenden Einwohnerzahlen kann Energiesuffizienz als Handlungsstrategie der Stadtentwicklung erarbeitet werden. Auch wenn in der vorliegenden Untersuchung ein Stadtteil im Fokus stand, der langfristig einen Einwohnerrückgang zu verzeichnen hat, ist durch die diskutierten Strategien und Maßnahmen deutlich geworden, dass der Großteil nicht ausschließlich unter Schrumpfungsbedingungen umgesetzt werden kann.
- Akteure stehen Energiesuffizienz durchaus offen gegenüber und empfinden das Thema nicht als unverhältnismäßigen Eingriff in die Lebensweise der Bürger. Bei der Einführung kann Energiesuffizienz durch Begriffe wie «Weniger-Verbrauch» oder «Nachfragereduktion energieintensiver Güter und Dienstleistungen» umschrieben werden.
- Energiesuffizienz in der Stadt(teil)entwicklung ist eine sektorenübergreifende Aufgabe. Steht die Stadtstruktur im Fokus, sollten die Bereiche Wärmeversorgung und Verkehr gemeinsam betrachtet werden. Wenn der Prozess auf den Handlungsspielraum privater Haushalte abzielt, kann bspw. das Thema Ernährung auch einbezogen werden.
- In die Ausarbeitung einer lokalen Energiesuffizienz-Strategie sollten alle relevanten Akteure vor Ort einbezogen werden. Dies trägt dazu bei, dass die Akzeptanz in der Bevölkerung steigt, die Beteiligten das Thema unterstützen und eine kreative Atmosphäre bei der Ausarbeitung neuer Ideen sowie Lösungsvorschläge geschaffen wird.
- Soll Energiesuffizienz als langfristige Handlungsstrategie ausgearbeitet werden, bietet sich die Entwicklung von Szenarien an, um Auswirkungen abzuschätzen. Als Methode in einem Prozess mit vielen Akteuren haben die *transition scenarios* verschiedene Vorteile. Sie bieten konkrete Schritte zur Erarbeitung und ermöglichen die Verbindung quantitativer und qualitativer Elemente. Gerade ein Gedankenexperiment lässt Raum für grundlegende Veränderungen. Dabei ist zu beachten, dass einzelne Beteiligte auf unterschiedliche Daten ansprechen: Während einige Zahlenwerte bevorzugen, erwarten andere eine qualitative Umschreibung der Effekte.
- Strategien und Maßnahmen seitens der Stadt(teil)entwicklung können energiesuffizientes Verhalten zunächst ermöglichen bzw. einfordern. Verändert werden muss daraufhin von Seiten der Bevölkerung das Alltagsver-

halten und Verhalten bei strategischen Entscheidungen, wie bspw. bei der Wohnungswahl.

- Insgesamt sollten keine überhöhten Erwartungen an die Effekte der Förderung von Energiesuffizienz aufgebaut werden. Als Strategie auf lokaler Ebene ist sie immer in Kombination mit der Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien zu sehen. Allerdings sollte sie auch nicht als bedeutungslos betrachtet werden. Hierbei ist wichtig, dass eine konsequente Umsetzung verschiedenartiger Maßnahmen erfolgt.

### 9.3 Forschungsbedarf

Die vorliegende Arbeit stellt einen Anfang in der Untersuchung der Energiesuffizienz als Nachhaltigkeitsstrategie im Zuge der Transition-Forschung dar. Entsprechend den Phasen des *transition enabling cycle* besteht weiterer Forschungsbedarf zur Umsetzung von Suffizienzmaßnahmen insbesondere in Reallaboren sowie bei der Evaluierung und beim Monitoring der Experimente.

Mit Blick auf die nachhaltige Stadtentwicklung besteht eine Forschungsfrage darin, genauer zu untersuchen, welche städtebaulichen Leitbilder durch die Umsetzung der Energiesuffizienz-Maßnahmen auf der Mikroebene entstehen. Welchen Wirkungszusammenhang gibt es zu existierenden Leitbildern? Oder werden durch die Umsetzung der Energiesuffizienz neue Leitbilder entstehen? Diese Fragen wurden in der vorliegenden Arbeit zwar kurz andiskutiert, konnten aber nicht in der nötigen Tiefe untersucht werden.

Die ex-post und ex-ante-Evaluierung der Wirkung der einzelnen hier nur ansatzweise angesprochenen Strategien und Maßnahmen zur Förderung von Energiesuffizienz ist ein weiteres großes Forschungsfeld. Im Verkehrsbereich könnten Modelle, die das Verkehrsverhalten simulieren, herangezogen werden. Auch im Raumwärmebereich könnten differenziertere Modelle in weiteren Forschungsarbeiten entwickelt werden.

Die Phase der Nutzung der Gebäude- und Verkehrsinfrastruktur stand im Zentrum der Systembetrachtung. Die Energienachfrage und die Emissionen, die durch die Herstellung bzw. den Rückbau der Häuser, Straßen, Leitungen etc. und durch die Verschrottung der Verkehrsmittel (Pkw, Busse, etc.) entstehen, wurden nicht mit betrachtet. Weiterführende Untersuchungen könnten diese Effekte näher beleuchten, um ein ganzheitliches Bild der Energiesuffizienz-Strategie in Bezug auf Energienachfrage und Emissionen zu erlangen.

In der vorliegenden Arbeit standen private Haushalte sowohl im Verkehrssektor als auch bei der Raumwärmenachfrage im Erkenntnisinteresse. Welche Bedeutung Energiesuffizienz und deren Förderung im Güterverkehr und bei der Raumwärmenachfrage von Nichtwohngebäuden haben kann, bietet weitere Forschungsmöglichkeiten.

Eine weitere offene Frage ist die wirtschaftliche Wirkung der Energiesuffizienzförderung. Bislang standen bei den Überlegungen ökologische und soziale Aspekte im Vordergrund. Für die Bewertung der Nachhaltigkeit sind aber auch die ökonomischen Chancen und Risiken der Energiesuffizienz-Strategie entscheidend.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass Energiesuffizienz nicht die einzige Strategie auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung ist. Energieeffizienz und Konsistenz, die ihren Schwerpunkt bei den technischen Innovationen haben, werden ebenfalls weitere zentrale Bausteine dieses Weges sein. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen jedoch, dass auch Energiesuffizienz, die dritte Säule der Entwicklung zur Nachhaltigkeit, verschiedene Potenziale bietet, in der Alltagswelt der Gesellschaft den Übergang zu einer zukunftsfähigen Lebensweise mitzugestalten. Ihr Ansatzpunkt liegt sowohl bei kurzfristigen als auch bei langfristigen Verhaltensänderungen, die durch Umfeldbedingungen der räumlichen und organisatorischen Gestaltung ermöglicht werden.

## Literatur

- Adolf, J., Marczewski, A., Schabla, U., Bräuninger, M., Leschus, L., Otto, A., Schröer, S. u. H. Fehrenbach (2011): Shell Hauswärme-Studie: Nachhaltige Wärmezeugung für Wohngebäude; Fakten, Trends und Perspektiven. Hamburg.
- Albert, C. (2008): Participatory Scenario Development: An effective tool to support Sustainability Transitions. In: *Ökologisches Wirtschaften*. Heft 2. S. 23-26.
- Alcott, B. (2008): The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental impact? In: *Ecological Economics*, 6. S. 770-786.
- Alkemade, F., Negro, S. O. Thompson, N. A. u. M. P. Hekkert (2011): Towards a micro-level explanation of sustainability transitions: entrepreneurial strategies. Utrecht.
- Ammon, U. (2009): Delphi-Befragung. In: Kühl, S., Strodtholz, P. u. A. Taffertshofer (Hrsg.): *Handbuch Methoden der Organisationsforschung*. Quantitative und Qualitative Methoden. Wiesbaden. S. 458-476.
- Atteslander, P. (2008): *Methoden der empirischen Sozialforschung*. Berlin.
- Balser, M. (2016): So sieht die E-Auto Förderung im Detail aus. In: *Süddeutsche Zeitung*. Online unter: <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/elektromobilitaet-so-sieht-die-e-auto-foerderung-im-detail-aus-1.2997394> (abgerufen am: 27.5.2016)
- Bartelmus, P. (2002): Suffizienz und Nachhaltigkeit – Definition, Messung, Strategien. In: Linz et al. (2002): *Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit*. Wuppertal Papers Nr. 125. Wuppertal. S. 39-49.
- Bauer, J., Englert, W., Meier, U., Morgeneyer, F. u. W. Waldeck (2002): *Physische Geographie*. Heidelberg, Berlin.
- Bauer, U., Glaser, J., Gutsche, J.-M., Holz-Rau, C., Koch, R., Menze, A., Rau, P. u. A. Stein (2006): Spezifische Entscheidungsprozesse bei den Akteuren. In: Gutsche, J.-M. u. E. Kutter (Hrsg.) (2006): *Mobilität in Stadtregionen – Akteursorientierte Planungsstrategien für verkehrseffiziente Ballungsräume*. S. 63-88.
- Becker, U. u. A. Rau (2004): Konzept einer nachhaltigen Verkehrsplanung. In: *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung*. 38. Ergänzungs-Lieferung 06/04.
- Beckmann, K. J. u. A. Witte (2006): Praxisrelevante Schlussfolgerungen. In: Beckmann, K., Hesse, M., Holz-Rau, C. u. M. Hunecke (Hrsg.) (2006): *StadtLeben – Wohnen, Mobilität und Lebensstile. Neue Perspektiven für Raum- und Verkehrsentwicklung*. S. 211-242.

- Beermann, B., Berchtold, B., Baumüller, J., Gross, G. u. M. Kratz (2013): Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung für die Stadt Karlsruhe. Karlsruhe.
- Berkhout, F., Smith, A. u. A. Stirling (2003): Socio-technical regimes and transition contexts. SPRU Electronic Working Paper Series. Paper No. 106. Online unter: <http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/imprint/sewps/sewp106/sewp106.pdf> (abgerufen am: 22.4.2014)
- Bierwirth, A. u. S. Thomas (2015): Almost best friends: sufficiency and efficiency. Can sufficiency maximize efficiency gains in buildings? In: ECEEE Summer Study Proceedings 2015. S. 71-82.
- Bierwirth, A. (2015): Strategische Entwicklung eines zukunftsfähigen Wohnraumangebotes – ein Suffizienz-Szenario. In: Umweltwirtschaftsforum Jg. 23 Heft 1-2. S. 49-58.
- Bläser, D. u. A. Schmidt (2012): Mobilität findet Stadt: Zukunft der Mobilität für urbane Metropolen. In: Proff, H., Schönharing, J. Schramm, D. u. J. Ziegler (Hrsg.) (2012): Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität – Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte. Wiesbaden. S. 501-515.
- Blum, S. u. Schubert (2009): Politikfeldanalyse. Wiesbaden.
- Breitinger, M. (2016): Deutschland rollt ohne Strom. Online unter: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2016-01/elektroauto-deutschland-leitmarkt-china/komplettansicht>. (abgerufen am: 27.5. 2016)
- Brendel, C. (2011): Klimaschutz in Wuppertal (unveröffentlichtes Dokument).
- Brischke, L. A. u. Spengler, L. (2011): Effizienz und Suffizienz: Ein Fall für zwei. In: Politische Ökologie. 29. Jg. S.86-93.
- Brunsing, J. u. M. Frehn (1999): Zu diesem Band. In: Brunsing, J. u. M. Frehn (Hrsg.) (1999): Stadt der kurzen Wege – Zukunftsfähiges Leitbild oder planerische Utopie? Dortmunder Beiträge zur Raumplanung 95. Dortmund. S. 7-9.
- Buhl, J. (2016): Rebound-Effekte im Steigerungsspiel. Zeit- und Einkommenseffekte in Deutschland. Baden-Baden.
- Bühler, R. u. U. Kunert (2008): Trends und Determinanten des Verkehrsverhaltens in den USA und in Deutschland. DIW, Berlin.
- Bulkeley, H. (2010): Cities and the Governing of Climate Change. In: Annual Reviews of Environment and Resources. Vol. 35. S. 229-253.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2009): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland. Leitszenario 2009. Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2015): Masterplankommunen. Online unter: <http://www.klimaschutz.de/de/>

zielgruppen/kommunen/foerderung/masterplan-kommunen (abgerufen am: 30.05.2015)

Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung (BMVBS) u. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) (Hrgs.) (2009): Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien. Bonn

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2011): Wohnen im Alter. Marktprozesse und wohnungspolitischer Anpassungsbedarf. Heft 147. Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrgs.) (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Basel, Köln, Osnabrück.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2015a): Die Energiewende der Zukunft: Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2015b): Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand: April 2015 Online unter:  
<https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-grafiken,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> (abgerufen am: 24.6.2015)

Bundesregierung (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Online unter:  
[http://www.bundesregierung.de/Content/Archiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzeptfinal.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bundesregierung.de/Content/Archiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzeptfinal.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (abgerufen am: 25.5.2015)

Bundesregierung (2012): Elektromobilität. Online unter:  
<https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2012/10/2012-10-12-elektromobilitaet/2012-10-12-elektromobilitaet.html> (abgerufen am: 20.7.5.2016)

Bundesregierung (2015a): Neuer Klimavertrag beschlossen. Online unter:  
<https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/12/2015-12-12-klimaabkommen.html> (abgerufen am: 2.5.2016).

Bundesregierung (2015b): Energiewende. Online unter:  
<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/02-energieeffizienz.html> (abgerufen am: 27.6.2015)

Bundesverband Erneuerbare Energien (BEE) (2015): SZEN-15 – Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Eckdaten des Jahres 2014. Online unter: [http://www.beeev.de/fileadmin/Publikationen/20150419-Szenarien\\_SZEN-15.pdf](http://www.beeev.de/fileadmin/Publikationen/20150419-Szenarien_SZEN-15.pdf) (abgerufen am: 26.02.2016)



- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Brot für die Welt, Evangelischer Entwicklungsdienst (Hrsg.) (2008): Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt – Ein Anstoß zur gesellschaftlichen Debatte. Bonn.
- Bürger, V., Hesse, T., Quack, D., Palzer, A., Köhler, B., Herkel, S. u. P. Engelmann (2016): Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. (Eine Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes) Dessau-Roßlau.
- Cacilo, A. (2013): Suffizienz im Verkehr: Noch lange nicht in Sicht. In: Politische Ökologie 135. S. 71-77.
- Cali, D., Streblow, R., Mueller, D. u. T. Osterhagen (2013): Holistic renovation and monitoring of residential buildings. In: ECEEE Summer Study Proceedings. S. 1127-1133.
- Cao, X.J., Mokhtarian, P.L. u. S.L. Handy (2009): Examining the impacts of residential self-selection on travel behaviour: a focus on empirical findings. In: Transport Reviews 29, 359-395.
- Center on Sustainable Consumption and Production (CSCP) (2013): Lifestyles and Behaviour. PPT Präsentation am 13.4.2013. Wuppertal.
- Cook, P. (2011): Transition regions: Regional-national eco-innovation systems and strategies. In: Progress in Planning, 76. S. 105-146.
- Cornelius, I. (2007): Die Bevölkerungsentwicklung in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 – Ergebnisse einer neuen Voraussrechnung. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg. H.2, S. 5- 13.
- Cuhls, K. (2009): Delphi-Befragungen in der Zukunftsforschung. In: Popp, R. u. E. Schüll, (2009): Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung, Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. Berlin, Heidelberg. S. 207-221.
- Deutsche Energie-Agentur (Dena) (2014): Der Dena Gebäudereport 2015. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2009): Unterrichtung durch die Bundesregierung: Stadtentwicklungsbericht 2008. Drucksache 16/13120.
- Dieckhoff, C., Appellrath, H.-J., Fishedick, M., Grunwald, A., Höffler, F., Mayer, C. u. W. Weimer-Jehle (2014): Zur Interpretation von Energieszenarien. München.
- Dickmann, A. (2007): Empirische Sozialforschung - Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Reinbek bei Hamburg.
- Diller, C. (2013): Ein nützliches Forschungswerkzeug! Zur Anwendung des Akteurzentrierten Institutionalismus in der Raumplanungsforschung und den Politikwissenschaften. In: PND-online, Ausgabe I, Online unter:

- [http://www.planung-neudenken.de/images/stories/pnd/dokumente/1\\_2013/diller\\_christian.pdf](http://www.planung-neudenken.de/images/stories/pnd/dokumente/1_2013/diller_christian.pdf) (abgerufen am: 30.12.2014).
- Dittrich-Wesbuer, A., Siedentop, S., Hans, M., Mayr, A. u. J.-M. Gutsche (2015): Remanenzkosten von Infrastrukturen der Daseinsvorsorge im demographischen Wandel. Abschlussbericht. Dortmund.
- Druckmann, A. Chitnis, M. Sorrell, S. u. T. Jackson (2011): Missing carbon reductions? Exploring rebounds and backfire effects in UK households. In: *Energy Policy*, 39, S. 3572-3581
- Eberlein, M. u. A. Klein-Hitpaß (2012): Altengerechter Umbau der Infrastruktur: Investitionsbedarf der Städte und Gemeinden. *Difu Impulse* Bd. 6/2012. Berlin.
- Ecospeed EcoRegion (2014): CO2 Emissionsfaktoren für LCA-Energie. Onlinetool.
- Energieagentur NRW (2015): Energiepreise in Deutschland im Vergleich: Online unter: [http://infografik.ea-nrw.de/graph\\_bild/graph\\_PAD001.jpeg](http://infografik.ea-nrw.de/graph_bild/graph_PAD001.jpeg) (abgerufen am: 20.6.2015)
- Engels, H. (2004): «Nehmen wir an...» Das Gedankenexperiment in didaktischer Absicht. Weinheim und Basel.
- Enquete Kommission des Deutschen Bundestages (2013): Schlussbericht der Enquete-Kommission «Wachstum Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft». Bonn.
- Erhard, J., Reh, W., Treber, M., Oeliger, D., Rieger, D. u. M. Müller-Görnert (2014): Klimafreundlicher Verkehr in Deutschland: Weichenstellungen bis 2050. Online unter: [http://www.wwf.de/fileadmin/fmwwf/PublikationenPDF/Verbaendekonzept\\_Klimafreundlicher\\_Verkehr.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fmwwf/PublikationenPDF/Verbaendekonzept_Klimafreundlicher_Verkehr.pdf) (abgerufen am 10.10.2015).
- Eschment, J. (2014): Aktueller Begriff. Der Rebound-Effekt: Störendes Phänomen bei der Steigerung der Energieeffizienz. (Hrsg.) Deutscher Bundestag. Online unter: <https://www.bundestag.de/blob/282726/85e2970ac3cda746a05541a0269eda69/der-rebound-effekt--stoerendes-phaenomen-bei-der-steigerung-der-energieeffizienz-data.pdf> (abgerufen am: 13.4. 2016).
- European Energy Award (EEA) (2011): EEA-Bericht Stadt Wuppertal – 4. internes Re-Audit 2011. (unveröffentlicht).
- Fischedick, M., Lechtenböhmer, S., Hanke, T. u. S. Ramesohl (2008): Angewandte Systemanalyse. Hagen.
- Fischedick, M., Schüwer, D., Leprich, U., Gerhardt, N., Schumacher, P., Henning, H.-M., Stry-Hipp, G. u. M. Schmidt (2015): Die Rolle der Wärme im Energiesystem: Systemaspekte. In: *FVEE Themen* 2015. S. 14-18.

- Fischer, S. u. O. Geden (2012): Die «Energy Roadmap 2050» der EU: Ziel ohne Steuerung. Online unter: [https://www.swp-berlin.org/de/publikationen/swp-aktuell-de/swp-aktuell-detail/article/the\\_eus\\_energy\\_roadmap\\_2050.html](https://www.swp-berlin.org/de/publikationen/swp-aktuell-de/swp-aktuell-detail/article/the_eus_energy_roadmap_2050.html) (abgerufen am: 26.4.2015)
- Foxon, T. J., Pearson, P. J. G., Arapostathis, S.; Carlsson-Hyslop, A. u. J. Thornton (2012): Branching Points for transition pathways: assessing responses of actors to challenges on pathways to a low carbon future. In: Energy Policy. S. 1-13.
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (FH-ISE) (2013): Energiesystem Deutschland 2050 – Sektor- und energieträgerübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz Erneuerbarer Energien. Online unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-energiesystem-deutschland-2050.pdf> (abgerufen am: 26.05.2016)
- Frehn, M. u. C. Holz-Rau (1999): In kleinen Schritten zu kurzen Wegen – Von den Zweifeln zur Umsetzung einer «Stadt der kurzen Wege». In: Brunsing, J. u. M. Frehn (Hrsg.) (1999): Stadt der kurzen Wege – Zukunftsfähiges Leitbild oder planerische Utopie? Dortmunder Beiträge zur Raumplanung 95. Dortmund. S. 10-17.
- Fuhrhop, D. (2015): Unsere Wohnungen sind schon gebaut. Online unter: [https://www.nabu.de/downloads/NABU-Impuls-StadtLandFlaeche/NABU\\_Impuls\\_122014.pdf](https://www.nabu.de/downloads/NABU-Impuls-StadtLandFlaeche/NABU_Impuls_122014.pdf) (abgerufen am: 20.7.2015)
- Galvin, R. (2013): Impediments to Energy-Efficiency Ventilation of German Dwellings: A Case Study in Aachen, Germany. In: Energy and Buildings. Vol. 56. S. 32-40.
- Geels, F. W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. In: Research Policy 31. S. 1257-1274.
- Geels, F.W. (2013): The impact of the financial-economic crisis on sustainability transitions: Financial investment, governance and public discourse. In: Environmental Innovation and Societal Transitions. Heft 6. S. 67-95.
- Geels, F. W. u. J. Schot (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. In: Research Policy 36. 399-417.
- Gertec (2012): Stadt Wuppertal – CO<sub>2</sub> Bilanz 1990-2009. Stand September 2012. Online unter: [https://www.wuppertal.de/rathausbuergerservice/medien/dokumente/CO2-Bilanz\\_Wuppertal\\_\\_Bericht-1990-2009\\_Stand-2012-09.pdf](https://www.wuppertal.de/rathausbuergerservice/medien/dokumente/CO2-Bilanz_Wuppertal__Bericht-1990-2009_Stand-2012-09.pdf) (abgerufen am: 20.10.2015)

- Gertz, C. (1999): Populäre Argumente gegen die «Stadt der kurzen Wege» – und warum wir trotzdem etwas tun können. In: Brunsing, J. u. M. Frehn (Hrsg.) (1999): Stadt der kurzen Wege: Zukunftsfähiges Leitbild oder planerische Utopie? Dortmund. S. 126-135.
- Gläser, J. u. G. Laudel (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. Wiesbaden.
- Global Energy Assessment (GEA) Council (2012): GEA – Toward a Sustainable Future. Cambridge UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria.
- Goretzki, P. (2010): Energieeffiziente Bauleitplanung. In: PlanerIn 2\_10. S. 21-24.
- Greenpeace, Global Wind Energy Council (GWEC) und Solarpower Europe (2015): energy [r]evolution – A Sustainable World Energy Outlook 2015. Online unter: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2015/Energy-Revolution-2015-Full.pdf> (abgerufen am: 26.02.2016)
- Grimm, B. u. D. Schmücker (2015): Entwicklungen und Perspektiven im Bereich der Urlaubsmobilität – Verkehrsmittelwahl und Reisedistanzen der deutschen Urlauber. In: Egger, Roman & Luger, Kurt (Hrsg.): Tourismus und mobile Freizeit. Lebensformen, Trends, Herausforderungen, Salzburg, S. 93-108.
- Grinewitschus, V. (2013): Messdaten Raumtemperatur in verschiedenen Räumen und Wohnheiten. Rohdaten zur Auswertung bereitgestellt. (unveröffentlicht).
- Grinewitschus, V. u. T. Lovric (2013): Einfluss des Nutzerverhaltens und der Hausautomatisierung auf den Heizenergieverbrauch in Wohngebäuden. In: Pöschk, J. (2013): Energieeffizienz in Gebäuden – Jahrbuch 2013. Berlin. S. 273-280.
- Grinewitschus, V., Lovric, T. u. N. Rumler (2013): Influence of user behavior and home automation on energy consumption. In: Proceeding of EEDAL 2013, Coimbra, Portugal, September 2013.
- Großmann, K., Schwarz, N., Verhoog, M. u. T. Weinsziehr (2012): Energieeffizienz in schrumpfenden Städten – Energieeffiziente Stadt Delitzsch. In: PlanerIn Heft 4/2012, S. 26-28.
- Gröne, M.-C. (2016): Energiesuffizienz als Strategie zur Förderung nachhaltiger Stadtentwicklung (sustainable urban energy transition): Akteure & Maßnahmen auf kommunaler Ebene am Beispiel der Stadt Wuppertal. Wuppertal Papers 190. Wuppertal.
- Grunwald, A. (2013): Wissenschaftliche Validität als Qualitätsmerkmal der Zukunftsforschung. In: Zeitschrift für Zukunftsforschung, Jg. 2 Heft 1. S. 22-33.

- Gutsche, J.-M., E. Kutter u. A. Stein (2006): Problemstellung «Verkehrseffiziente Stadtregionen». In: Gutsche, J.-M. u. E. Kutter (Hrsg.) (2006): *Mobilität in Stadtregionen – Akteursorientierte Planungsstrategien für verkehrseffiziente Ballungsräume*. S. 13-32.
- Haas, R. u. P. Biermayr (2000): The rebound effect for space heating Empirical evidences from Austria. In: *Energy Policy* 28. S. 403-410.
- Hacke, U. (2009): Thesenpapier: Nutzerverhalten im Mietwohnbereich. Online unter: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/Nutzer/PM\\_21-09-09\\_Thesen.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Nutzer/PM_21-09-09_Thesen.pdf) (abgerufen am: 23.4. 2013)
- Hackenberg, K. (2015): *Baukultur in der kommunalen Praxis. Akteure, Instrumente und Strategien der Stadtgestaltung in einer schrumpfenden Stadt*. Berlin.
- Hacker, F., Harthan, R., Karsten, P., Loreck, C. u. W. Zimmer (2011): Marktpotenziale und CO<sub>2</sub>-Bilanz von Elektromobilität Arbeitspakete 2 bis 5 des Forschungsvorhabens OPTUM: Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen. Online unter: <http://www.oeko.de/oekodoc/1338/2011-002-de.pdf> (abgerufen am: 27.5.2016)
- Hacker, F., Blanck, R., Hülsmann, F., Kasten, P., Loreck, C., Ludig, S., Mottschall, M. u. W. Zimmer (2014): *eMobil 2050 – Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz*. Berlin.
- Hahne, U. (2009): Zukunftskonzepte für schrumpfende ländliche Räume. Von dezentralen und eigenständigen Lösungen zur Aufrechterhaltung der Lebensqualität und zur Stabilisierung der Erwerbsgesellschaft. In: *Neues Archiv für Niedersachsen. Zeitschrift für Stadt-, Regional- und Landesentwicklung*. H.1/2009. S. 2-25.
- Hamann, A. (2012): Arbeitspapier zur Diss. Nichtveröffentlichter Teil.
- Hamann, A. (2014): *Klimaschutzstrategien für Nichtwohngebäude in Stadtquartieren: Bestandsmodellierung und CO<sub>2</sub>- Minderungsszenarien am Beispiel Wuppertal*. München.
- Hammer, A. u. J. Scheiner (2006): Lebensstile, Wohnumlieus, Raum und Mobilität – Der Untersuchungsansatz von StadtLeben. In: Beckmann, K., Hesse, M., Holz-Rau, C. u. M. Hunecke (Hrsg.) (2006): *StadtLeben – Wohnen, Mobilität und Lebensstile. Neue Perspektiven für Raum- und Verkehrsentwicklung*. S. 15-30.
- Hanke, T. (2016): Mündliche Auskunft zur Energieversorgung von Wohngebäuden mit Schwerpunkt auf Wuppertal-Vohwinkel. (19.5.2016).
- Harms, S. u. J. Probst (2008): Nachhaltiger Stadtverkehr – Änderung der Verkehrsmittelwahl durch Push- und Pull-Maßnahmen. In: *Umweltpsychologie*, Jg. 12, Heft 1, S. 80-100.

- Hautzinger H. u. M. Pfeiffer (2008): Unterwegs mit Bus und Bahn in Baden-Württemberg. Heilbronn/ Mannheim.
- Heineberg, H. (2008): Städte in Deutschland zwischen Wachstum, Schrumpfung und Umbau aus geographischer Perspektive. In: Lampe, A. u. A. Owzar (Hrsg.) (2008): Schrumpfende Städte: Ein Phänomen zwischen Antike und Moderne. Köln, Weimar, Wien. S. 295-324.
- Hennicke, P. (2002): Effizienz und Suffizienz in einem System nachhaltiger Energienutzung. In: LINZ et al. (2002): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125. Wuppertal. S. 57-70.
- Hesse, M. u. B. Trostorff (2006): Wohnmilieus – Räumliche Bindung versus Entankerung. In: Beckmann, K., Hesse, M., Holz-Rau, C. u. M. Hunecke (Hrsg.) (2006): StadtLeben – Wohnen, Mobilität und Lebensstile. Neue Perspektiven für Raum- und Verkehrsentwicklung. S. 187-210.
- Hodson, M. u. S. Marvin: (2011): Can cities shape socio-technical transitions and how would we know if they were. In: Bulkely, H. et al. (2011) Cities and Low Carbon Transitions. S. 54-70.
- Hodson, M. u. S. Marvin (2012): Mediating Low-Carbon Urban Transitions? Forms of Organisation, Knowledge and Action. In: European Planning Studies, Vol. 20, No. 3. S. 421-439.
- Hodson, M., Marvin, S., Bulkeley, H. u. V. C. Broto (2011): Conclusion. In: Bulkely, H. Boroto, V. Hodson, M. u. S. Marvin (Hrsg.) (2011): Cities and Low Carbon Transitions. Oxtan, New York. S. 198-202.
- Holz-Rau, C. (1995): Konzepte zur Verkehrsvermeidung. In: Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. 11. Ergänzungs-Lieferung 9/95.
- Holz-Rau, C. (2009): Raum, Mobilität und Erreichbarkeit – (Infra-)Strukturen umgestalten? In: Informationen zur Raumentwicklung. Heft 12. 2009. S. 797-804.
- Holz-Rau, C. u. J. Scheiner (2005): Siedlungsstrukturen und Verkehr: Was ist Ursache, was ist Wirkung? In: RaumPlanung 119. S. 67-71.
- Hoppe, R. u. K. Woschei (2012): Verkehrsbefragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Bevölkerung in Wuppertal 2011. Wuppertal.
- Huber, F. (2012): Verkehr in der postfossilen Gesellschaft. In: Proff, H., Schönharing, J. Schramm, D. u. J. Ziegler (Hrsg.) (2012): Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität – Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte. Wiesbaden. S. 493-500.
- Huber, F. (2013): Postfossile Mobilität: Welche Rolle spielt die Elektromobilität? In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS) (2013): ILS-Jahresbericht 2012. Online unter: [http://www.ils-forschung.de/files\\_publica-](http://www.ils-forschung.de/files_publica-)

- tionen/pdfs/jahresbericht\_ils\_2012\_web.pdf (abgerufen am: 7.5.2016) S. 11-17.
- Huber, J. (1994): Nachhaltige Entwicklung durch Suffizienz, Effizienz und Konsistenz. Halle.
- Huber, J. (1998): Strategien einer nachhaltigen Entwicklung: Suffizienz – Effizienz – Konsistenz. In: BMBAU/empirica (Hrsg.) (1998): Die Zukunft der Stadtregionen. Dokumentation eines Kongresses in Hannover am 22. und 23. Oktober 1997. Bonn. S. 71- 75.
- Huber, J. (2000): Industrielle Ökologie: Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung. In: Kreibich, R. u. U. E. Simonis (Hrsg.) (2000): Global Change. Berlin. S.109-126.
- Hunecke, M. u. I. R. Schweer (2006): Einflussfaktoren der Alltagsmobilität – Das Zusammenwirken von Raum, Verkehrsinfrastruktur, Lebensstil und Mobilitätseinstellungen. In: Beckmann, K., Hesse, M., Holz-Rau, C. u. M. Hunecke (Hrsg.) (2006): StadtLeben – Wohnen, Mobilität und Lebensstile. Neue Perspektiven für Raum- und Verkehrsentwicklung. S. 147-166.
- Institut für angewandte Sozialwissenschaften (INFAS) u. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) (2010a): Mobilität in Deutschland 2008. Kurzbericht: Struktur - Aufkommen - Emissionen – Trends. Bonn/Berlin.
- Institut für angewandte Sozialwissenschaften (INFAS) u. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) (2010b): Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Bonn/Berlin.
- Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS) (2010): Leben im Passivhaus: Baukonstruktion, Baukosten, Energieverbrauch, Bewohnererfahrungen. Dortmund.
- Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) (2016): Gradtagzahlen Deutschland. [www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/.../Gradtagzahlen\\_Deutschland.xls](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/.../Gradtagzahlen_Deutschland.xls) (abgerufen am: 19.5.2016)
- International Energy Agency (IEA) (2013): A Tale of Renewed Cities. Online unter: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewed\\_cities\\_web.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewed_cities_web.pdf) (abgerufen am: 27.5.2015)
- International Energy Agency (IEA) (2015): Energy Technology Perspectives 2015 – Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action, Paris.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner,

- P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jänicke, M., Kunig, P. u. M. Stitzel (1999): *Umweltpolitik*. Bonn.
- Jenssen, T. (2009): Klimaschutz durch städtebauliche Dichte! Möglichkeiten und Grenzer der räumlichen Steuerung von Treibhausgasemissionen. In: *Raum-Planung*, Heft 147. S. 281-284.
- Joest, S., Fichtner, M., Bünger, U., Stiller, C., Schmidt, P. u. F. Merten (2009): *Woher kommt der Wasserstoff in Deutschland bis 2050?* Berlin.
- Jungk, R. u. N. R. Müllert (1989): *Zukunftswerkstätten – Mit Phantasie gegen Routine und Resignation*. München.
- Kainuma, M., Miwa, K., Ehara, T., Akashi, O. u. Y. Asayama (2013): A low-carbon society: global visions, pathways, and challenges. In: *Climate Policy*. Vol. 13 No. S01, S. 5-21.
- Kapferer, S., Gönner, T., Schwieters, N. u. S.-J. Otto (2016): *Delphi Energy Future 2040*. Online unter: [http://www.delphi-energyfuture.com/site/assets/files/1/6\\_2016\\_delphi-energy-future-2040\\_studienband\\_de\\_final.pdf](http://www.delphi-energyfuture.com/site/assets/files/1/6_2016_delphi-energy-future-2040_studienband_de_final.pdf) (abgerufen am: 11.9.2016)
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2011): *Deutsches Mobilitätspanel: wissenschaftliche Begleitung und erste Auswertungen*. Karlsruhe.
- Kemming, H. u. C. Bosbach (1999): Die Rolle ordnungspolitischer Maßnahmen für eine nachhaltige Mobilität im Stadtverkehr. In: *New Mobility '99 – Sustainable Mobility in Cities – New Strategies for Legal and Regulatory Measures*. Dokumentation der Konferenz 17./18.6.99. Dortmund. S. 21-26.
- Kemp, R., Schot, J. u. R. Hoogma (1998): Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. In: *Technology Analysis & Strategic Management*. 10:2. S. 175-198.
- Kessler, S., Reutimann, J., Hablützel, S. u. R. Iten (2012): *Klimaschutzmaßnahmen in der Stadt Zürich - Schlussbericht*. Zürich.
- Kirchner, A, Matthes C. u. H.-J. Ziesing (2009): *Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken*. Basel, Berlin.
- Klemme, M. (2009): *Stadtentwicklung ohne Wachstum. Zur Praxis kommunaler Siedlungsflächenentwicklung. Empirische Befunde und Folgerungen zu Steuerungsverständnissen und -formen öffentlicher Akteure*. Saarbrücken.
- Klett, E. (2009): *Methode: eine Kartierung durchführen*. Online unter: [http://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/wsseminar\\_geo\\_kartierung.pdf](http://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/wsseminar_geo_kartierung.pdf) (abgerufen am: 13.2.2014)



- Klima-Bündnis (2016): Unsere Ziele: Klimaschutz. Online unter: <http://www.climatealliance.org/climate-protection0.0.html?&L=1> (abgerufen am: 4.2.2016).
- Kluge, T. u. U. Scheele (2003): Transformationsprozesse in netzgebundenen Infrastruktursektoren. Neue Problemlagen und Regulationserfordernisse. net-WORKS-Paper. Berlin.
- Kosow, H. u. R. Gaßner (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse - Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Berlin.
- Koziol, M. u. D. Freudenberg (2003): Arbeitshilfe zur Anpassung der technischen Infrastruktur im Stadtumbauprozess. In: Fachbeiträge zu Stadtentwicklung und Wohnen im Land Brandenburg, ISW Schriftenreihe 2-2003.
- Kopatz, M. (2014): Suffizienz als Teil der Energiewende. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen. 64. Jg. Heft 10. S. 8-12.
- Kopatz, M. (2016): Kommunale Suffizienzpolitik: Strategische Perspektiven für Städte, Länder und Bund. Kurzstudie des Wuppertal Instituts. Online unter: [http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nachhaltigkeit/160427\\_bund\\_nachhaltigkeit\\_suffizienz\\_studie.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nachhaltigkeit/160427_bund_nachhaltigkeit_suffizienz_studie.pdf) (abgerufen am: 19.8.2016)
- Korte, F. (2015): Suffiziente Mobilität im urbanen Raum – Ansätze und Maßnahmen. IZT Text 2-2015. Berlin
- Kraß, D. (o.J.a): Naturraum. Online unter: <http://www.wuppertal-vohwinkel.net/1-home/naturraum.htm> (abgerufen am: 22.12.2015)
- Kraß, D. (o.J.b): Besiedlung und wirtschaftliche Entwicklung Vohwinkels. Online unter: <http://www.wuppertal-vohwinkel.net/1-home/besiedelung.htm> (abgerufen am: 22.12.2015)
- Kraß, D. (o.J.c): Verkehrswege. Online unter: <http://www.wuppertal-vohwinkel.net/1-home/verkehrswege.htm> (abgerufen am: 22.12.2015)
- Krau, I. (2011): Wege zur Energieeffizienz im Städtebau – Komplexer als gedacht. IN: PND-online II Online unter: <http://www.planung-neu-denken.de/content/view/195/41> (abgerufen am: 14.4.2014)
- Krause, C. u. M. Pillar (2014): Wohnräume der Deutschen 2014. Eine Studie von Interhype. Online unter: <https://www.interhyp.de/medien/ueber-interhyp/presse/wohnraumstudie/wohnraum-magazin/interhyp-wohnraumstudie-2014.pdf> (abgerufen am: 17.12.2015)
- Kreuzer, V. u. T. Scholz (2011): Akteure und ihr Handeln in der Stadtentwicklung - Vorschlag für einen aufgaben- und akteursbezogenen Untersuchungsansatz. In: PND-online, Ausgabe II, Online unter: [http://www.planung-neu-denken.de/images/stories/pnd/dokumente/2\\_2011/kreuzer\\_scholz.pdf](http://www.planung-neu-denken.de/images/stories/pnd/dokumente/2_2011/kreuzer_scholz.pdf) (abgerufen am: 30.12.2014)

- Kuder, T. (2001): Städtebauliche Leitbilder - Begriff, Inhalt, Funktion und Entwicklung, gezeigt am Beispiel der Funktionstrennung und -mischung. Dissertation an der Technischen Universität Berlin. Online unter: [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=965087735&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=965087735.pdf](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=965087735&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=965087735.pdf) (abgerufen am: 19.11.2010)
- Künne, H. D., Steierwald, G. u. W. Vogt (2005): Planungsgrundlagen. In: Steierwald, G., Künne, H. D. u. W. Vogt (Hrsg.) (2005): Stadtverkehrsplanung – Grundlagen, Methoden und Ziele. Berlin, Heidelberg, New York. S. 3-17.
- Kutter, E. (2006): Grundkonzept zur Beeinflussung von Raumstrukturen und Verkehrsnachfrage. In: Gutsche, J.-M. u. E. Kutter (Hrsg.) (2006): Mobilität in Stadtregionen – Akteursorientierte Planungsstrategien für verkehrseffiziente Ballungsräume. S. 47-62.
- Laes, E., Gorissen, L. u. F. Nevens (2014): A Comparison of Energy Transition Governance in Germany, The Netherlands and the United Kingdom. In: Sustainability 6. S. 1129-1152.
- Lamnek, S. (2010): Qualitative Sozialforschung. Weinheim, Basel.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2010): Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen: Daten und Hintergründe. Recklinghausen.
- Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT NRW) (2016): Bevölkerungsvorausberechnungen 2014 bis 2040. Düsseldorf.
- Lechtenböhrer, S. (2008): Zur Qualität nationaler Energie- und Emissionsprojektionen: eine quantitative und hypothesenbasierte Analyse ihrer Genauigkeit am Beispiel der US-Energienachfrage- und Emissionsprojektionen der Jahre 1983 bis 2004. Online unter: <http://www.zhb-flensburg.de/dissert/lechtenboehmer/> (abgerufen am: 21.1. 2016)
- Lee, S. u. B. Lee (2014) The influence of urban form on GHG emissions in the U.S. household sector. In: Energy Policy 68, S. 534-49
- Leng, M, Schild, K. u. H. Hofmann (2016): Genug genügt. Mit Suffizienz zu einem guten Leben. München.
- Libbe, J., Köhler, H u. Klaus J. Beckmann (2010): Infrastruktur und Stadtentwicklung. Technische und soziale Infrastrukturen – Herausforderungen und Handlungsoptionen für Infrastruktur- und Stadtplanung. Berlin.
- Linz, M. (2002): Warum Suffizienz unentbehrlich ist. In: LINZ, M., Bartelmus, P., Hennicke, P., Jungkeit, R., Sachs, W., Scherhorn, G., Wilke, G. u. U. von Winterfeld (2002): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125. Wuppertal. S. 7-14.

- Linz, M. (2004): Weder Mangel noch Übermaß – Über Suffizienz und Suffizienzforschung. Wuppertal Papers Nr. 145. Wuppertal.
- Linz, M. (2006): Was wird dann aus der Wirtschaft? Über Suffizienz, Wirtschaftswachstum und Arbeitslosigkeit. Wuppertal Papers Nr. 157. Wuppertal.
- Linz, M. u. G. Scherhorn (2011): Für eine Politik der Energiesuffizienz. Impulse zur Wachstumswende. Wuppertal.
- Linz, M. (2012): Weder Mangel noch Überfluss. Warum Suffizienz unentbehrlich ist. München.
- Linz, M. (2013): Suffizienz – unentbehrlich für Nachhaltigkeit. In: Jahrbuch Ökologie 2014, S. 44–54.
- Linz, M. (2015): Suffizienz als politische Praxis. Ein Katalog. Wuppertal Spezial 49. Wuppertal.
- Loorbach, D. (2010): Transition Management for Sustainable Development: A prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. In: Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions 23 (1). S. 161-183.
- Loorbach, D. A. u. R. Lijnis Huffenreuter (2013): Exploring the economic crisis from a transition management perspective. In: Environmental Innovation and Societal Transitions. S. 35-46.
- Lucon O., D. Ürge-Vorsatz, A. Zain Ahmed, H. Akbari, P. Bertoldi, L.F. Cabeza, N. Eyre, A. Gadgil, L.D.D. Harvey, Y. Jiang, E. Liphoto, S. Mirasgedis, S. Murakami, J. Parikh, C. Pyke, and M.V. Vilarinho (2014): Chapter 9: Buildings. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Maassen (2012): Heterogeneity of Lock-In and the Role of Strategic Technological Interventions in Urban Infrastructural Transformations. In: European Planning Studies Vol. 20, No.3. S 441-460.
- Mangold, W. (1973): Gruppendiskussion. In: König, R. (Hrsg.) (1973): Handbuch der empirischen Sozialforschung. Stuttgart. S. 228-259.
- Markard, J., Raven, R. u. B. Truffer (2012): Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. In: Research Policy 41. S. 955-967.
- Maslow, A. H. (1943): A Theory of Human Motivation. In: Psychological Review, 50. S. 370-396.

- Mauch, U., North, N. u. R. Pulli (2001): Zwischen Effizienz und Suffizienz: Die optimale Kombination von Instrumenten im Mobilitätssektor in Richtung nachhaltiger Entwicklung. In: Kaufmann-Hayoz, R. et al. (Hrsg.) (2001): *Changing things - moving people. Strategies for promoting sustainable development at the local level*. Basel. S. 130-150.
- Mayntz, R. u. F. W. Scharpf (1995): Der Ansatz des Akteurzentrierten Institutionalismus. In: Mayntz, R. u. F. W. Scharpf (Hrsg.): *Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung*. Frankfurt a. M. et al. S. 39-72.
- Mayer, H. O. (2012): *Interview und schriftliche Befragung: Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung*. München.
- Mayr, A. u. A. Tack (2010): Ein Blick unter den Asphalt. Abwassernetze in schrumpfenden Quartieren. In: *PlanerIn* 2\_10. S. 11-13.
- Mayring, P. (2002): *Einführung in die qualitative Sozialforschung – Eine Anleitung zum qualitativen Denken*. Weinheim.
- Meck, G. (2014): Energetische Sanierung. Stoppt den Dämmwarn! In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. (13.05.2014) Online unter: <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/mieten-und-wohnen/daemmung-ist-oekologisch-zweifelhaft-und-teuer-12933587.html> (abgerufen am: 14.05.2014)
- Meier Kruker, V. u. J. Rauh (2005): *Arbeitsmethoden der Humangeographie*. Darmstadt.
- Menze, A. (2006): Planung von Siedlung und Verkehr bei «Schrumpfung». In: Gutsche, J.-M. u. E. Kutter (Hrsg.) (2006): *Mobilität in Stadtregionen – Akteursorientierte Planungsstrategien für verkehrseffiziente Ballungsräume*. S. 33-46.
- Milne, G. u. B. Boardman (2000): Making cold homes warmer: the effect of energy efficiency improvements in low-income homes. In: *Energy Policy* 28. S. 411-424.
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) (o.J.): *Das Klimaschutzgesetz*. Online unter: <http://www.klimaschutz.nrw.de/klimaschutz-in-nrw/klimaschutzgesetz/> (abgerufen am: 25.5.2015)
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) (2007): *Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Wege zu einer Anpassungsstrategie*. Online unter: [http://www.lanuv.nrw.de/klima/pdf/klimawandel\\_anpassungsstrategie.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/klima/pdf/klimawandel_anpassungsstrategie.pdf) (abgerufen am: 13.1.2016)

- Mueller, A. (2009): Sufficiency – does energy consumption become a moral issue? In: Broussous, C. (Hrsg.): Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably. ECEEE 2007 Summer Study proceedings. Stockholm. S. 83-90.
- Mundaca, L. (2010): Energy use and CO2 emissions: From decoupling and transition to sufficiency? Paper prepared for the International Society for Ecological Economics (ISEE). 11th Biennial Conference” Advancing sustainability in a Time of Crisis” Oldenburg, Germany 22.-25. August 2010. Online unter: <http://www.isee2010.org> (abgerufen am: 27.5.2012)
- Nitsch, J. (2014): GROKO – II, Szenarien der deutschen Energieversorgung auf der Basis der EEG-Gesetzentwurfs – insbesondere Auswirkungen auf den Wärmesektor. Online unter: [http://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/Studien/20140205\\_BEESzenarien\\_GROKO\\_Nitsch.pdf](http://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/Studien/20140205_BEESzenarien_GROKO_Nitsch.pdf) (abgerufen am 29.6.2015)
- Osigus, T., Bizer, K. u. M. Lankau (2015): Monitor Infrastrukturkosten im demographischen Wandel in Niedersachsen – MIWnds. Abschlussbericht. Darmstadt.
- O’Riordan, T. (2013): Sustainability of wellbeing. In: Environmental Innovation and Societal Transitions 6. S. 24-34.
- Paech, N. (2005): Nachhaltigkeit zwischen ökologischer Konsistenz und Dematerialisierung: Hat sich die Wachstumsfrage erledigt? In: Natur und Kultur. Jg. 6. Heft 1. S. 52-72.
- Paech, N. (2013): Eine zeitökonomische Theorie der Suffizienz. In: Umweltpsychologie. 17 Jg. Heft 2. S. 145-155.
- Palzkill-Vorbeck, A., Wanner, M. u. F. Markscheffel (2015): Suffizienz als Geschäftsmodell: die Bedeutung von Social-Entrepreneurship-Initiativen am Beispiel von Utopia-Stadt Wuppertal. Umweltwirtschaftsforum. Jg. 23, Heft 1-2. S. 69-76.
- Pfahl, S. (2002): Effizienz und Suffizienz als Determinanten von Nachhaltigkeit – Eine akteursbezogene Szenarioanalyse der Bedeutung des privaten Konsums für eine nachhaltige Entwicklung des Energieverbrauchs in Deutschland und weltweit. Aachen.
- Pfriem, R. (1996): Unternehmenspolitik in sozialökologischer Perspektive. Marburg.
- Princen, T. (2003): Principles for Sustainability: From cooperation and Efficiency to Sufficiency. In: Global Environmental Politics, Jg. 3, Heft 1, S. 33-50.
- PROGNOS/EWI/GWS (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Online unter: [http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/ Publikationen/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-](http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-)

- endbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf (abgerufen am: 26.05.2016)
- Projektträger Jülich (PTJ) (o.J.): Masterplan 100 % Klimaschutz. Eine Initiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Online unter: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/masterplan> (abgerufen am: 24.5.2015)
- Rahmstorf (2009): Wie viel CO<sub>2</sub> ist zu viel? Online unter: <https://www.scilog.de/klimalounge/wie-viel-co2-ist-zu-viel/> (abgerufen am: 18.8.2014)
- Rat der Europäischen Union (2005): Tagung des Europäischen Rates in Brüssel vom 22./23. März 2005. – Schlussfolgerungen des Vorsitzes. Online unter: [http://www.consilium.europa.eu/aueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/de/ec/84347.pdf](http://www.consilium.europa.eu/aueDocs/cms_Data/docs/pressData/de/ec/84347.pdf) (abgerufen am: 3.5.2015)
- Regionaler Klimaatlas Deutschland (2014a): Region Nordrhein-Westfalen: Durchschnittliche Temperatur. Online unter: <https://www.regionaler-klimaatlas.de/klimaatlas/2016-2045/jahr/durchschnittliche-temperatur/nre/mittelaenderung.html> (abgerufen am: 13.1.2016)
- Regionaler Klimaatlas Deutschland (2014b): Region Nordrhein-Westfalen: Starkregentage. Online unter: <https://www.regionaler-klimaatlas.de/klimaatlas/2016-2045/jahr/starkregentage/nrw/mittelaenderung.html> (abgerufen am: 13.1.2016)
- Reichel, A., Goll, F. u. L. Scheiber (2009): Linking Sufficiency and Business: Utility Systems Engineering in Producer-Consumer Networks. In: Proceedings of the Academy of Management Annual Meeting: Green Management Matters. Chicago. 7.-10. August 2009.
- Reuber, P. u. C. Pfaffenbach (2005): Methoden der empirischen Humangeographie – Beobachtung und Befragung. Braunschweig.
- Reusswig, F. u. W. Lass (2014): Klimawandel und lokale Klimapolitik: Das Beispiel Berlin. In: Böschen, S., Gill, B., Kropp, C. u. K. Vogel (Hrsg) (2014): Klima von unten. Regionale Governance und gesellschaftlicher Wandel. Frankfurt am Main. S. 245-265.
- Reutter, O. (2011): Klimaschutz als Herausforderung für einen zukunftsfähigen Stadtverkehr: Strategien und Größenordnungen zur Minderung der Kohlendioxidemissionen. In: UPV-Report, Jg. 25, Heft 1. S. 11-20.
- Reutter, O., Bierwirth, A., Gröne, M.-C., Lemke, T., Lucas, R., Mattner, T., Meinel, U., Palzkill-Vorbeck, A., Ritthoff, M., Rudolph, F., Schneider, C. u. G. Waluga (2012): Low Carbon City Wuppertal 2050. Sondierungsstudie. Wuppertal.

- Rölle, D., Weber, C. u. S. Bamberg (2002): Mögliche Beiträge von Verkehrsverminderung und –verlagerung zu einem umweltgerechten Verkehr in Baden-Württemberg – Eine Analyse der Bestimmungsfaktoren von Haushaltsentscheidungen. Online unter: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40112/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=203&OBJECT=40112&MODE=METADATA> (abgerufen am: 26.3.2014)
- Rosa, H. (2012): Weltbeziehung im Zeitalter der Beschleunigung. Umriss einer neuen Gesellschaftskritik. Berlin.
- Rotmans, J. u. D. Loorbach (2010): Towards a better Understanding of Transitions and Their Governance: A Systemic and Reflexive Approach. In: Grin, J., Rotmans, J. u. J. Schot (2010): Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change. New York. S. 105-222.
- Rudolph, F., Gröne, M.-C. u. O. Reutter (2016): Verkehrsvermeidende Stadtstrukturen zum Klimaschutz: Sechs Szenarien für die schrumpfende Stadt Wuppertal. In: Schmitt, H. C., Danielzyk, R., Greiving, S., Gruehn, D., Thinh, N. X. u. B. Warner (Hrsg.) (2016): Raummuster: Strukturen – Dynamik – Planung. Blaue Reihe. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung. Band 147. Essen. S. 207-226.
- Sachs, W. (1993): Die vier E's. In: Politische Ökologie, Special, Sep.-Okt. München. S. 69-72.
- Sachs, W. (2002): Die zwei Gesichter der Ressourcenproduktivität. In: LINZ, M. et al. (2002): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125. Wuppertal. S. 49-56.
- Sachs, W. (2015): Suffizienz. Umriss einer Ökonomie des Genug. In: Umweltwirtschaftsforum. Jg. 23. Heft 1-2. S. 3-9.
- Sachs, W. (2016): 12 Fragen an...12 Questions to...Wolfgang Sachs. In: GAIA. 25/1. S. 4-5.
- Samadi, S., Gröne, M.-C., Schneidewind, U., Luhman, H.-J., Venjakob, J. u. B. Best (2016): Sufficiency in energy scenario studies: taking the potential benefits of lifestyle changes into account. In: Technological Forecasting & Social Change. Vol. 124 S.126-134.
- Santarius, T. (2012): Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz. Wuppertal.
- Schäpke, N. u. F. Rauschmayer (2014): Going beyond efficiency: including altruistic motives in behavioral models for sustainability transitions to address sufficiency. In: Sustainability: Science, Practice & Policy. Vol. 10 Issue 1, S. 29-44.

- Scharpf, F. W. (2001): Akteure, Institutionen und Interaktionsformen. In: Czada, R. u. U. Schimank (Hrsg.) (2001): Der «Neue Institutionalismus». Hagen. S. 92-208.
- Scharpf, F. W. (2006): Interaktionsformen: Akteurszentrierter Institutionalismus in der Politikforschung. Wiesbaden.
- Schenk, N. J., Moll, H. C. u. A. J. M. Schoot Uiterkamp (2007): Meso-level analysis, the missing link in energy strategies. In: Energy Policy 35. S. 1505-1516.
- Scherhorn, G. (2002): Die Logik der Suffizienz. In: LINZ et al. (2002): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125. Wuppertal. S. 15-26.
- Schiller, G. u. S. Siedentop (2005): Infrastrukturfolgekosten der Siedlungsentwicklung unter Schrumpfungsbedingungen. In: DISP-The planning Review 160. S. 83-93.
- Schlesinger, M., Lindenberger, D. u. C. Lutz (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energierferenzprognose. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Basel. Köln. Osnabrück.
- Schmidt, S. K. (1998): Liberalisierung in Europa – Die Rolle der Europäischen Kommission. Frankfurt a.M., New York.
- Schmitt, C., Leuser, L., Brischke, L.-A., Duscha, M. u. S. Jacobsen (2015): Suffizienz-Maßnahmen und –Politiken in kommunalen Klimaschutzkonzepten und Masterplänen – ein Überblick. Heidelberg, Berlin.
- Schneider, V. (2009): Akteurskonstellationen und Netzwerke in der Politikentwicklung. In: Schubert, K. u. N. C. Bandelow (Hrsg.) (2009): Lehrbuch der Politikfeldanalyse 2.0. München. S. 191-220.
- Schneider, V. u. F. Janning (2006): Politikfeldanalyse – Akteure, Diskurse und Netzwerke in der öffentlichen Politik. Wiesbaden.
- Schneidewind, U. (2010): Perspektiven einer Sustainable Transition-Forschung in Deutschland: Wie Systemübergänge nachhaltig gestaltet werden können. In: Ökologisches Wirtschaften 3.2010. S. 27-29.
- Schneidewind, U. u. H. Scheck (2012): Zur Transformation des Energiesektors – ein Blick aus der Perspektive der Transition-Forschung. In: Servatius, H.-G., Schneidewind, U. u. D. Rohlfing (Hrsg.): Smart Energy – Wandel zu einem nachhaltigen Energiesystem. Heidelberg. S. 45-61.
- Schneidewind, U. u. O. Smrekar (2012): Die Züricher Schule für aufgeklärte Nachhaltigkeit. In: GAIA 21/1. S. 64-65.
- Schneidewind, U. u. R. Zahrnt (2013): Damit gutes Leben einfacher wird. Perspektiven einer Suffizienzpolitik. München.



- Schnell, R., Hill, P. B. u. E. Esser (2013): Methoden der empirischen Sozialforschung. München.
- Schönberger, P. (2013): Municipalities as key actors of German renewable energy governance: an analysis of opportunities, obstacles, and multi-level influences. Wuppertal Papers Nr. 186. Wuppertal.
- Schönberger, P. (2016): Kommunale Politik zum Ausbau erneuerbarer Energien. Handlungsmöglichkeiten, Praxis-Beispiele und Erfolgsbedingungen. München.
- Schubert, S. (2009): Steigende Verkehrskosten – soziale und räumliche Dimension. In: Informationen zur Raumentwicklung. Heft 12.2009. S. 813-821.
- Schulz, M. u. O. Renn (2009): Das Gruppendelphi: Konzept und Vorgehensweise. In: Schulz, M. u. O. Renn (Hrsg.) (2009): Das Gruppendelphi. Konzept und Fragebogenkonstruktion. Wiesbaden. S. 11-22.
- Schwarze, B. (2015): Eine Methode zum Messen von Naherreichbarkeit von Kommunen. Münster.
- Shell (2011): Shell Hauswärmestudie. Kurzfassung. Online unter: <http://www.shell.de/aboutshell/media-centre/annual-reports-and-publications/shell-hauswaermestudie.html> (abgerufen am: 6.7.2015)
- Siemens AG (Hrsg.) (2009): Sustainable Urban Infrastructure: Ausgabe München - Wege in eine CO2-freie Zukunft. München.
- Sims R., R. Schaeffer, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, M. D'Agosto, D. Dimitriu, M.J. Figueroa Meza, L. Fulton, S. Kobayashi, O. Lah, A. McKinnon, P. Newman, M. Ouyang, J.J. Schauer, D. Sperling, and G. Tiwari (2014): Chapter 8: Transport. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Smith, A. (2011): Community-led urban transitions and resilience. Performing Transition Towns in a city. In Bulkely, H. Boroto, V. Hodson, M. u. S. Marvin (Hrsg.) (2011): Cities and Low Carbon Transitions. Oxtan, New York. S. 159-177.
- Sondeijker, S., Geuets, J., Rotmans, J. u. A. Tukker (2006): Imagining sustainability: the added value of transition scenarios in transition management. In: Foresight, Vol.8, No 5, S. 15-30.

- Sondeijker, S. (2009): *Imagine Sustainability: methodological building blocks for transition scenarios*. Rotterdam.
- Sozialdemokratische Partei Deutschlands (SPD) Unterbezirk Wuppertal (2011): *Gebäude- und Wohnungsbestand am 31.12.2010 nach Stadtbezirken*. Wuppertal.
- Späth, P. u. H. Rohrer (2011): *The «eco-cities» Freiburg and Graz: The social dynamics of pioneering urban energy and climate governance*. In: Bulkely et al. (Hrsg.): *Cities and Low Carbon Transitions*. S. 88- 106.
- Späth, P. u. H. Rohrer (2012): *Local Demonstrations for Global Transitions – Dynamics across Governance Levels Fostering Socio-Technical Regime Change Towards Sustainability*. In: *European Planning Studies*, Vol. 20, No. 3. S. 461-479.
- Speck, M. (2016): *Konsum und Suffizienz. Eine empirische Untersuchung privater Haushalte in Deutschland*. Wiesbaden.
- Stadt Cottbus (o.J.): *Stadtumbau – Anlass und Stand*. Online unter: [http://www.cottbus.de/buerger/rathaus/gb\\_IV/stadtentwicklung/stadtumbaukonzept/index.html](http://www.cottbus.de/buerger/rathaus/gb_IV/stadtentwicklung/stadtumbaukonzept/index.html) (abgerufen am: 11.10.2014)
- Stadtumbau im Konsens (o.J.): *Die perforierte Stadt Leipzig*. Online unter: <http://www.stadtumbau-im-konsens.de/leitbilder4.cfm> (abgerufen am: 19.11.2010)
- Stadt Wuppertal (2007): *Leerstandsanalyse*. Wuppertal.
- Stadt Wuppertal (2008a): *Leitlinien der Stadt Wuppertal*. Online unter: [https://www.wuppertal.de/wirtschaftstadtentwicklung/medien/dokumente/Leitlinien\\_2008.pdf](https://www.wuppertal.de/wirtschaftstadtentwicklung/medien/dokumente/Leitlinien_2008.pdf) (abgerufen am: 16.1.2016)
- Stadt Wuppertal (2008b): *Bevölkerungsprognose 2007*. Wuppertal.
- Stadt Wuppertal (2008c): *Gebäudedatei*. Wuppertal.
- Stadt Wuppertal (2009a): *Haushaltssicherungskonzept der Stadt Wuppertal 2010-2014*. Online unter: [https://www.wuppertal.de/rathaus-buergerservice/medien/dokumente/20091117\\_HSK.pdf](https://www.wuppertal.de/rathaus-buergerservice/medien/dokumente/20091117_HSK.pdf) (abgerufen am: 23.02.2016)
- Stadt Wuppertal (2009b): *Handlungsprogramm Wohnen*. Wuppertal
- Stadt Wuppertal (2010): *Handlungsprogramm demographischer Wandel*. Online unter: [https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/medien/dokumente/HP\\_Dem.\\_Wandel.pdf](https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/medien/dokumente/HP_Dem._Wandel.pdf) (abgerufen am 15.1.2016)
- Stadt Wuppertal (2011a): *Handreichung zum Demographie Check zur Vorlagengenerierung in Sessions*. Online unter: [https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/medien/dokumente/Handreichung\\_Demografie\\_Check.pdf](https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/medien/dokumente/Handreichung_Demografie_Check.pdf) (abgerufen am: 20.01.2016)

- Stadt Wuppertal (2011b): Bevölkerungsprognose für Vohwinkel bis 2040. (unveröffentlicht).
- Stadt Wuppertal (2011c): Daten der Verkehrsbefragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Bevölkerung in Wuppertal 2011.(unveröffentlicht).
- Stadt Wuppertal (2012a): CO2-Bilanz 1990 bis 2009. Wuppertal.
- Stadt Wuppertal (2012b): Haushaltssanierungsplan 2012 bis 2021 – Entwurf. Online unter: [https://www.wuppertal.de/rathaus-buergerservice/medien/dokumente/Haushaltssanierungsplan\\_2012-2021\\_Entwurf.pdf](https://www.wuppertal.de/rathaus-buergerservice/medien/dokumente/Haushaltssanierungsplan_2012-2021_Entwurf.pdf) (abgerufen am: 11.2. 2016)
- Stadt Wuppertal (2012c): Sonderauswertung zu Vohwinkel der Statistikstelle der Stadt Wuppertal. Wuppertal.
- Stadt Wuppertal (2012d): Bevölkerung auf Stadtbezirksebene 2011 bis 2040. (unveröffentlicht).
- Stadt Wuppertal (2013): Kfz Bestand privater Halter in Vohwinkel am 31.12.1990 und 31.12.2010. Sonderauswertung der Statistikstelle der Stadt Wuppertal (unveröffentlicht).
- Stadt Wuppertal (2014): Wuppertal Statistik – Raumbezogene Daten: Daten für den Stadtbezirk Vohwinkel. Online unter: [https://www.wuppertal.de/rathaus/onlinedienste/rbs\\_statistik/statistik\\_bezirk.phtml?bez=1003&aktion\\_jahr=2010](https://www.wuppertal.de/rathaus/onlinedienste/rbs_statistik/statistik_bezirk.phtml?bez=1003&aktion_jahr=2010) (abgerufen am: 23.10.2014)
- Stadt Wuppertal (2015): CO2-Ausstoß nach Fahrzeugkategorien mit LCA-Faktoren und Endenergieverbrauch nach Fahrzeugkategorien. NRW-Bilanz nach ECOSPEED EcoRegion für Wuppertal. Angaben der Stadt Wuppertal vom 23.10.2015. (unveröffentlicht).
- Stadt Wuppertal (2016a): Daten und Fakten. Online unter: [https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/standort/daten\\_fakten/index.php](https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/standort/daten_fakten/index.php) (abgerufen am: 16.08.2016)
- Stadt Wuppertal (2016b): Daten für den Stadtbezirk Vohwinkel am 31.12.2015. Online unter: [https://www.wuppertal.de/rathaus/onlinedienste/rbs\\_statistik/statistik\\_bezirk.phtml?bez=1003&aktion\\_jahr=2015](https://www.wuppertal.de/rathaus/onlinedienste/rbs_statistik/statistik_bezirk.phtml?bez=1003&aktion_jahr=2015) (abgerufen am: 27.8.2016)
- Stadt Wuppertal (2016c): CO2-Bilanz privater Haushalte nach ECOSPEED Region für Wuppertal. Angaben der Stadt Wuppertal vom 14.04.2016. (unveröffentlicht).
- Stadt Zürich (2012): Grundlagen zu einem Suffizienzpfad Energie. Das Beispiel Wohnen. Online unter: [www.stadt-zuerich.ch/dbd/de/index/hochbau/nachhaltiges\\_bauen/Fachinformationen/Themenschwerpunkt\\_7\\_Nutzerverhalten\\_und\\_Suffizienz.html](http://www.stadt-zuerich.ch/dbd/de/index/hochbau/nachhaltiges_bauen/Fachinformationen/Themenschwerpunkt_7_Nutzerverhalten_und_Suffizienz.html) (abgerufen am: 14.12.2014)

- Stadt Zürich (2014): Konzept Energieversorgung 2050: Szenarien für eine 2000-Watt kompatible Wärmeversorgung der Stadt Zürich. Online unter: <https://www.stadtzuerich.ch/dib/de/index/energieversorgung/energiebeauftragter/publikationen/konzept-energieversorgung-2050.html> (abgerufen am: 26.6.2015)
- Statista (2015a): Höhe der weltweiten Treibhausgasemissionen in den Jahren 1990 bis 2011 (in Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent). Online unter: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/311924/umfrage/treibhausgasemissionen-weltweit/> (abgerufen am: 27.5.2015)
- Statista (2015b): Verfügbares Einkommen der privaten Haushalte in Deutschland 1991 bis 2014 (in Milliarden Euro) Online unter: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/37900/umfrage/verfuegbares-einkommen-der-privathaushalte-in-deutschland/> (abgerufen am: 20.6.2015)
- Statista (2016a): Statistiken zum Reiseverhalten der Deutschen. Online unter: <https://de.statista.com/themen/1342/reiseverhalten-der-deutschen/> (abgerufen am: 11.2.2016)
- Statista (2016b): Prognose zur Entwicklung der Pro-Kopf-Wohnfläche in Deutschland bis zum Jahr 2030 nach Regionen (in Quadratmeter). Online unter: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/155747/umfrage/prognose-der-wohnflaechenentwicklung-bis-2030/> (abgerufen am 24.2.2016).
- Statista (2016c): Entwicklung der Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2012 (in Tonnen) Online unter: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/153528/umfrage/co2-ausstoss-je-einwohner-in-deutschland-seit-1990/> (abgerufen am 30.06.2016)
- Statistisches Bundesamt (2014): Statistisches Jahrbuch 2014. Bauen. Online unter: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/Bauen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/Bauen.pdf?__blob=publicationFile) (abgerufen am: 1.7.2015)
- Statistisches Bundesamt (2015): Bevölkerung Deutschlands bis 2060, 13. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2016): Preise: Daten zur Energiepreisentwicklung. Online unter: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungPDF\\_5619001.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungPDF_5619001.pdf?__blob=publicationFile) (abgerufen am 30.5.2016)
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Indikatoren zum Thema «Erwerbstätigkeit» Arbeitsplatzdichte. Online unter: [https://www.statistik-bw.de/ArbeitsmErwerb/Indikatoren/ET\\_arbeitsplatzdichte.asp](https://www.statistik-bw.de/ArbeitsmErwerb/Indikatoren/ET_arbeitsplatzdichte.asp) (abgerufen am 22.12.2015).
- Steffen, A. (2013): Richtfest für die Suffizienz. Bauen und Wohnen. In: Politische Ökologie. 135. S.78-85.

- Steinmüller, K. (2003a): Szenarien. Instrumente für Innovation und Strategiebildung. Essen.
- Steinmüller, K. (2003b): Methoden der Zukunftsforschung: Überblick und Praxis. Essen.
- Stengel, O. (2011a): Suffizienz: Die Konsumgesellschaft in der ökologischen Krise. München.
- Stengel, O. (2011b): Weniger ist schwer: Barrieren in der Umsetzung suffizienter Lebensstile; und wie wir sie überwinden können. GAIA 20(1), S. 26-30.
- Suarez, F.F. u. R. Olivia (2005): Environmental change and organizational transformation. *Industrial and Corporate Change* 14 (6), S. 1017–1041.
- Supper, S. (2010): Kosten und Nutzen energieeffizienter und ökologischer Gebäude. Wien.
- Sunikka-Blank, M. u. R. Galvin (2012): Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. *Building Research & Information*. 40(3). S. 260-273.
- Topp, H. H. (1993): Chancen und Grenzen kommunaler Steuerung der Verkehrsentwicklung. In: *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung*. (Hrsg.) Apel, D. et al. Bonn.
- TRAMP, Difu, IWH, (2006): Szenarien der Mobilität unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Magdeburg.
- Voss, K. u. A. Saurbier (2016): Bedarf versus Verbrauch. In: Voss, K., Herkel, S., Kalz, D., Lützkendorf, T., Maas, A. u. A. Wagner (Hrsg.) (2016): *Performance von Gebäuden: Kriterien - Konzepte - Erfahrungen*. Stuttgart. S. 86-89.
- Umweltbundesamt (UBA) (2013): Emissionen und Brennstoffeinsätze in Deutschland 1990 – 2011. Online unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uebersicht\\_energiebedingte\\_emissionen\\_1990\\_2011.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uebersicht_energiebedingte_emissionen_1990_2011.pdf) (abgerufen am: 27.5.2015)
- Umweltbundesamt (UBA) (2014a): Klimaneutral leben. Verbraucher starten durch beim Klimaschutz. Online unter: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/web\\_klimaneutral\\_leben.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/web_klimaneutral_leben.pdf) (abgerufen am: 25.4. 2015)
- Umweltbundesamt (UBA) (2014b): Treibhausgasemissionen in Deutschland. Online unter: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgasemissionen-in-deutschland> (abgerufen am: 27.5.2015)

- Umweltbundesamt (UBA) (2015a): Energieverbrauch nach Verkehrsträgern. Online unter: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/energieverbrauch-nach-verkehrstraegern> (abgerufen am: 20.09.2016)
- Umweltbundesamt (UBA) (2015b): Modal Split des Personen- und Güterverkehrs. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/modal-split-des-personen-gueterverkehrs> (abgerufen am: 20.09.2016)
- Umweltbundesamt (UBA) (2016a): Energiebedingte Emissionen. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellungverbrauch/energiebedingte-emissionen> (abgerufen am: 7.8.2016)
- Umweltbundesamt (UBA) (2016b): Energieverbrauch nach Energieträgern, Sektoren und Anwendungen. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren> (abgerufen am: 12.9.2016)
- Umweltbundesamt (UBA) (2016c): Endenergieverbrauch 2014 nach Sektoren und Energieträgern: Verkehr. Online unter: [https://www.umweltbundesamt.de/site/default/files/medien/384/bilder/dateien/3\\_abb\\_eev-sektoren-et\\_2016-04-15.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/site/default/files/medien/384/bilder/dateien/3_abb_eev-sektoren-et_2016-04-15.pdf) (abgerufen am: 12.9.2016)
- Umweltbundesamt (UBA) (2016d): Transport Emission Modell (TREMODO). Auswertung Verkehrsmittel nach Energieverbrauch und CO<sub>2</sub> Emissionen je Personenkilometer sowie PKW nach Antrieb Energieverbrauch und CO<sub>2</sub> je Personenkilometer. (Email vom 6.5.2016).
- United Nation (UN) (1992): Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung. Online unter: <http://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/rio.pdf> (abgerufen am: 12.5.2015)
- Van den Bergh, J.C.J.M, Truffer, B. u. G. Kallis (2011): Environmental innovation and societal transitions: Introduction and overview. In: Environmental Innovation and Societal Transitions.
- Van Notten, P.W.F (2005): Writing on the Wall. Scenario Development in Times of Discontinuity. Florida, Boca Raton.
- Venjakob, J., u. T. Hanke (2006): Neue Phase im Wettstreit zwischen Energieeffizienz und Wohnraumbedarf. Energie & Management. Heft 10, S. 3 (Aktualisierung der Daten in 2015).
- Venjakob, J. (2012): Qualitativ-narrative Szenarios für die langfristige Entwicklung des polnischen Energiesektors: eine energiegeographische Untersuchung. Stuttgart.
- Verbong, G. u. F. Geels (2007): The ongoing energy transition: Lessons from a socio-technical multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960-2004). In: Energy Policy 35. S. 1025-1037.

- Verbücheln, M. u. S. Dähler (Hrsg.) (2016): Klimaschutz in der Stadt- und Regionalplanung. Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in der kommunalen Planungspraxis.
- Walker, M. (2005): Demographischer Wandel und seine Auswirkungen auf den Verkehr. In: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.) Die Bevölkerungsentwicklung in Baden-Württemberg. Eine Herausforderung für unsere Gesellschaft. Statistische Analysen 3/2005. Stuttgart.
- Waluga, G. (2017): Das Bürgerticket für den öffentlichen Personennahverkehr: Nutzen – Kosten – Klimaschutz. Wuppertaler Schriften zur Forschung für eine nachhaltige Entwicklung. Band 9. München.
- Westdeutsche Zeitung (WZ) (2011): Wie kann die Stadt Wuppertal der Schuldenfälle entinnen? Online unter: <http://www.wz-newsline.de/lokales/wuppertal/wie-kann-die-stadt-wuppertal-der-schuldenfaelle-entinnen-1.622705> (abgerufen am: 20.12.2015)
- Westdeutsche Zeitung (WZ) (2016): Wuppertal auf dem Weg aus der Schuldenfalle. Online unter: <http://www.wz.de/lokales/wuppertal/auf-dem-weg-aus-der-schuldenfaelle-1.2088672> (abgerufen am: 26.8.2016)
- Westphal, C. (2008): Dichte und Schrumpfung. Kriterien zur Bestimmung angemessener Dichte in Wohnquartieren schrumpfender Städte aus Sicht der technischen Infrastruktur. IÖR-Schriften. Bd. 49. Dresden.
- Wietschel, M., Plötz, P., Kühn, A. u. T. Gnann (2013): Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge – Kurzfassung. Online unter: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Fraunhofer-ISI-Markthochlaufszszenarien-Elektrofahrzeuge-Zusammenfassung.pdf> (Fraunhofer ISI) (abgerufen am: 27.5.2016)
- Wiek, A., Binder, C. u. R. W. Scholz (2006): Functions of scenarios in transition processes. In: Futures. 38. S. 740-766.
- Winterfeld von, U. (2002): Reflexionen zur Suffizienz als politischer Angelegenheit in sieben Etappen. In: Linz, M. et al. (2002): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125. Wuppertal. S. 27-38.
- Winterfeld von, U. u. R. Jungkeit (2005): Suffizienz als gesellschaftliche Gemeinschaftsaufgabe. Antrags-Skizze und Abschlussbericht. Wuppertal.
- Winterfeld von, U. (2007): Keine Nachhaltigkeit ohne Suffizienz – Fünf Thesen und Folgerungen. In: Vorgänge. Heft 3. S. 46-54.
- Winterfeld, U. v. (2011): So wollen wir leben! Erzählte Szenarien und ein Leitbild; Dokumentation der Zukunftswerkshops. Bericht aus dem Netzwerk- und Forschungsprojekt Dynaklim. Essen.

- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2009): Kassensturz für den Klimavertrag - Der Budgetansatz. Berlin.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2011): Hauptgutachten. Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2014): Klimaschutz als Weltbürgerbewegung – Sondergutachten. Berlin.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2016): Hauptgutachten. Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Berlin.
- World Commission on Environment and Development (1987): Report of the World Commission on Environment and Development. Online unter: [http://www.unric.org/html/german/entwicklung/rio5/brundtland/A\\_42\\_427.pdf](http://www.unric.org/html/german/entwicklung/rio5/brundtland/A_42_427.pdf) (abgerufen am: 25.04.2011)
- Wuppertaler Stadtwerke (WSW) (2010): Karte: Gas Übersicht. (unveröffentlichte Karte). Wuppertal.
- Wuppertaler Stadtwerke (WSW) (2011): Wärmeatlas 2010. Sonderauswertung (unveröffentlicht) Wuppertal.
- Wuppertaler Stadtwerke (WSW) (2012): CO<sub>2</sub>-Emissionen Schwebbahn. E-Mail vom 22. Mai 2012.
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (2010): Zukunftsfähiges Hamburg. Zeit zum Handeln. Hamburg.
- Wuppertal Institut (2015): DEESY (Deutsches Energie- und Emissionssystem). (unveröffentlicht).
- Wurzbacher, S. (2012): Urbane Dichte und Energien. In: Deutsches Architektenblatt 01/2012. S. 24-25.
- Yetano Roche, M., Lechtenböhmer, S., Fishedick, M., Gröne, M., Xia, C. u. C. Dienst (2014): Concepts and Methodologies for Measuring the Sustainability of Cities. In: Annual Reviews of Environment and Resources. Vol. 39. S. 519-547.
- Zeiss, C., Fishedick, M., Espert, V., Schneider, C., Soukup, O. u. A. Nebel (2014): Zusammenfassung der Szenarioberechnungen des Beteiligungsprozesses. Online unter: [https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download/Dokumente/Ueberblick/Koordinierungskreis/Klima\\_NRW\\_Szenariendokumentation\\_Klimaschutzplan\\_final.pdf](https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download/Dokumente/Ueberblick/Koordinierungskreis/Klima_NRW_Szenariendokumentation_Klimaschutzplan_final.pdf) (abgerufen am: 26.2.2016)



- Ziegler (Schulrat) (Hrsg.) (1929): Geschichte der Stadt Vohwinkel. Vohwinkel.
- Zimmermann, F. (1999): Sicherheit von Kindern im Straßenverkehr – das Kinderwegenetz. In: New Mobility '99 – Sustainable Mobility in Cities – New Strategies for Legal and Regulatory Measures. Dokumentation der Konferenz 17./18.6.99. Dortmund. S. 39-42.
- Zumkeller, D., Vortisch, P., Kagerbauer, M., Chlond, B., Streit, T. u. M. Wirtz (2011): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – wissenschaftliche Begleitung und erste Auswertung. Karlsruhe.

## Anhang

### Anlage 1: Experteninterviews

**Abbildung 56: Anonymisierte Liste der befragten Experten**

Nr.	Fachgebiet	Organisation*	Interviewpartner
1	Stadtplanung	Westfälische Wilhelmsuniversität Münster	IP 4
2	Stadtplanung	Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart	IP 5
3	Stadtplanung	Universität Stuttgart	IP 6
4	Raumwärme	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie	IP 2
5	Raumwärme	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie	IP 3
6	Raumwärme	Bergische Universität Wuppertal	IP 1
7	Raumwärme	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie	IP 14
8	Verkehrsplanung (Stadtplanung)	Deutsches Institut für Urbanistik	IP 10
9	Verkehrsplanung	TU Kaiserslautern	IP 7
10	Verkehrsplanung	TU Dortmund	IP 8
11	Verkehrsplanung	TU Hamburg-Harburg	IP 9
12	Verkehrsplanung	TU Kaiserslautern	IP 13
13	Verkehrsplanung	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie	IP 15
14	Suffizienz	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie	IP 11
15	Suffizienz	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie	IP 12

Quelle: eigene Darstellung

## Anlage 2: Akteursgespräche

Abbildung 57: Anonymisierte Liste der befragten Akteure

Akteur	Arbeitsbereich / Position	Lokaler Gesprächspartner (GP)
<b>1. Stadtverwaltung</b>		
Stadtplanungsamt	Siedlungsentwicklung	GP 1
	Bezirksplanung für B-Plan	GP 2
	Stadtteilentwicklung	GP 4
<b>2. Lokalpolitiker</b>		
Bezirksvertretung Vohwinkel	Bezirksverwaltung	GP 8
	Bezirksverwaltung	GP 13
	Ehem. Bezirksvorsteher	GP 7
	Ratsmitglied der Stadt Wuppertal	GP 9
<b>3. Wohnungsbaugesellschaften</b>		
Lokale Wohnungsgenossenschaft	Geschäftsführer	GP 15
<b>4. Eigentümerverbände</b>		
Haus und Grund	Vorsitzender	GP 11
<b>5. Vereine</b>		
Arbeitsgemeinschaft lokaler Vereine	Vorsitzender	GP 3
<b>6. Kirchliche Einrichtungen</b>		
Diakonie	Energieberatung	GP 12
Gemeindeleitung	Pfarrerin	GP 10
<b>7. Verkehrsunternehmen</b>		
Wuppertaler Stadtwerke	WSW mobil	GP 5
<b>8. Einzelhandelsvertreter</b>		
Werbegemeinschaft	Zwei Vorstandsmitglieder	GP 6
<b>9. Unternehmen im Bereich Bauen und Wohnen</b>		
Architektenbüro aus Wuppertal	Leiter des Büros	GP 14

Quelle: eigene Darstellung

## Anlage 3: Akteursworkshop

**Abbildung 58: Anonymisierte Liste der Teilnehmer des Akteursworkshops**

Berufliche oder ehrenamtliche Verbindung zu Vohwinkel	Akteursgruppen	Wohnhaft in Vohwinkel
Bezirksplaner Vohwinkel	Kommune / Stadtverwaltung	nein
Ressort für Stadtentwicklung und Städtebau	Kommune/ Stadtverwaltung	nein
Bezirksverwaltung und Vorstandsmitglied eines Sportvereins in Vohwinkel	Kommune/ Lokalpolitiker; lokaler Verein; Immobilienmarktakteur Bürger	ja
Mitarbeiter WSW mobil	Verkehrsunternehmen; Immobilienmarktakteur Bürger	ja
Vorstandsmitglied der «Aktion V» Werbegemeinschaft Vohwinkel e.V.	Einzelhandel; Immobilienmarktakteur Bürger	ja
Vorstandsmitglied der «Aktion V» Werbegemeinschaft Vohwinkel e.V.	Einzelhandel; Immobilienmarktakteur Bürger	ja

Quelle: eigene Darstellung

Jede der sechs übergeordneten Akteursgruppen «Kommune», «Bürger», «Immobilienmarktakteure», «Zivilgesellschaftliche Akteure», «Wirtschaft» und «Verkehrsunternehmen» ist durch mindestens einen Teilnehmer vertreten. Auch ohne genaue Zuordnung ist davon auszugehen, dass die siebte Akteursgruppe «Bekannte Persönlichkeiten auf lokaler Ebene» ebenfalls vertreten ist. Unter den Teilnehmern des Workshops befanden sich mehrere Hauseigentümer und Vermieter von Wohnimmobilien in Vohwinkel, wodurch auch diese Akteure vertreten sind und ihre Erfahrungen und Zukunftsvorstellungen in die Diskussion mit eingebracht haben.

Obwohl nur sechs der 15 Gesprächspartner am Workshop teilnehmen konnten, wurde die Mehrheit der zentralen Akteure vertreten, was an der Dopple- und Dreifachfunktion einiger Akteure liegt. Nicht vertreten beim Workshop waren die Akteure «Kirchen und kirchliche Einrichtungen», «Unternehmen im Bereich Bauen und Wohnen», «Wohnungsbaugesellschaften», «Eigentümerverbände» sowie «Mieterverbände». Dabei standen schon aus der letztgenannten Gruppe keine angefragten Vertreter für ein Akteursgespräch bereit und wurden demnach auch nicht für den weiterführenden Akteursworkshop angefragt.

## Anlage 4: Merkmale der Delphi-Befragung in den Bereichen Raumwärme und Personenverkehr

### Raumwärme

Drei Wissenschaftler, die umfangreiche Kenntnisse in der Entwicklung von standardisierten Fragebögen und Grundkenntnisse im Thema Energiesuffizienz im Raumwärmebereich haben, führten den Pretest durch. Während die Länge und Struktur des Fragebogens bestehen blieb, wurden zahlreiche Verbesserungsvorschläge zum Thema Frageformulierung und Skalierungsverfahren gemacht.

Wie der abstrakte Begriff des energiesuffizienten Verhaltens im Raumwärmebereich operationalisiert wird, wurde bereits in Kapitel 2.6 dargestellt. Gemessen wird er zum einen durch den Indikator «beheizte und bewohnte Quadratmeter pro Kopf» und zum anderen durch den Indikator «durchschnittliche Raumtemperatur» der Wohneinheit. Damit das Verhalten als energiesuffizient gilt (Zieldimensionen), muss der Ansatzhebel dazu führen, dass die beheizten  $\text{m}^2$  pro Person abnehmen oder die durchschnittliche Raumtemperatur im Vergleich zum Ausgangsniveau gesenkt wird. Die jeweiligen Maßnahmen und Strategien im Bereich Raumwärme wirken entweder hinsichtlich des einen oder des anderen Indikators. Daher wurden sie im Fragebogen dahingehend angeordnet. Zunächst wurden die Ansatzhebel mit Wirkungen auf Quadratmeter und dann auf Raumtemperatur bewertet.

Insgesamt vier Fragen beziehen sich auf die Liste der in vorherigen Erhebungsschritten als relevant identifizierten Maßnahmen, deren Bewertung im Hauptinteresse der Befragung stand. Zunächst wurde als Einstimmung nach den qualitativen Merkmalsausprägungen gefragt. Dabei wurden in der geschlossenen Frage fünf Antwortmöglichkeiten vorgegeben (keine Antwort, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*). Auf Anraten der Pretestteilnehmer wurde auf eine symbolische Darstellung einer verbalen Formulierung wie: Wirkung/Effektivität: keine, sehr gering, gering, mittel, stark verzichtet, da dies zusätzlichen Definitionsbedarf zur Bedeutung und Abstufung der einzelnen Begriffe bedürfte. Es sollten vielmehr je mehr Sterne gegeben werden, desto größer der Effekt/die Wirkung der Maßnahme eingeschätzt wird. Es handelt sich somit um eine Rating-Skala. Sie liefert im Prinzip ordinale Daten, d.h. zusätzlich zur Untersuchung nach Gleichheit besteht zwar die Möglichkeit einer Rangordnung (in Bezug auf die Stärke der Wirkung) (vgl. Schnell et al. 2013: 133), jedoch ohne auf die Größe der Intervalle schließen zu können. Verschiedene Untersuchungen haben aber gezeigt, dass bei einer genügenden Anzahl an Ausprägungen die Abstände auf der Skala von den Befragten als gleiche Intervalle aufgefasst werden (vgl. Mayer 2012: 83; Schulz/Renn 2009: 31). Bei der Auswertung wurden die qualitativen Merkmalsausprägungen quantifiziert, indem der Anzahl der Sterne die jeweilige Zahl (1 bis 4) zugeordnet wurde. Als nächstes wurden die Experten gebeten, das Einsparpotenzial zu quantifizieren. Dazu wurden auf einer Intervallskala fünf Möglichkeiten ausgegeben (keine Antwort, 0,1 % bis 1 %; 1,1 % bis 2 %, 2,1 % bis 3 %, 3,1 % bis 4 % und mehr als 4 %). Diese sehr kleinteilige Einteilung wurde nach eigenen Überlegungen der Wirkungsabschätzung der einzelnen

Maßnahmen sowie auf Rat der Pretest-Teilnehmer vorgenommen. Die Quantifizierung ist besonders für die Erstellung der Einsparpotenziale in den Szenarien von Bedeutung. Allerdings ist sicher, dass eine Quantifizierung auf so lange Zeiträume enorm schwierig ist. So bestand natürlich die Möglichkeit, nur eine Quantifizierung bis zum Jahr 2030 vorzunehmen, die Quantifizierung nicht durchzuführen und lediglich die Abschätzung der Stärke der Wirkungsrichtung anzugeben oder nur einzelne Maßnahmen zu quantifizieren, bei denen den Experten dies möglich erschien. Obwohl einige Experten von diesen Möglichkeiten Gebrauch machten, füllten viele Befragte die Maßnahmenbewertung komplett aus. Als drittes wurden die Befragten gebeten, weitere Maßnahmen, die das Potenzial haben, auf städtischer Ebene Energiesuffizienz zu fördern, in die Tabelle einzutragen und anhand der beiden vorherigen Fragen zu bewerten. Viertens wurden die Experten aufgefordert, die drei Maßnahmen zu benennen, denen aus ihrer Sicht die höchste Priorität bei der Umsetzung in der Praxis gegeben werden sollte. Die Information ist im Hinblick auf die Maßnahmenauswahl und den Einführungszeitpunkt in den Szenarien von Bedeutung.

Da im Raumwärmebereich einige Maßnahmen der Stadtplanung indirekt Einfluss auf die Umsetzung energiesuffizienten Verhaltens haben, wurden die Experten zum Schluss der Befragung gebeten, die Relevanz dieser Maßnahmen für das Themenfeld einzuschätzen. Auf einer fünfstufigen Rating-Skala (unwichtig, relativ unwichtig, mittel, wichtig, sehr wichtig) wurden die Maßnahmen bewertet. Aufgrund der Übersichtlichkeit des Fragebogens wurde nach Beratung mit den Teilnehmern des Pretests beschlossen, den Fragebogen als Excel-Datei per Email zu versenden. Somit konnte auch das Ausfüllen des Fragebogens digital erfolgen und per Email zurückgesandt werden. Beide Runden wurden in dieser Form durchgeführt.

### **Personenverkehr**

Den Pretest im Bereich Personenverkehr haben drei Wissenschaftler mit Fachwissen zum Thema Energieeinsparung im Verkehr sowie Entwicklung von standardisierten Fragebögen durchgeführt. Danach wurden einige Anpassungen in Bezug auf die Rating-Skala und Länge des Fragebogens vorgenommen. Die ersten vier Fragestellungen zur Bewertung der relevanten Maßnahmen blieben unverändert. Messbar gemacht wird energiesuffizientes Verhalten im Personenverkehr durch den Indikator «durchschnittliche Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln» pro Person und Tag sowie «durchschnittliche Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln» pro Person und Tag. Damit das Verhalten als energiesuffizient bezeichnet wird und der Ansatzhebel als Energiesuffizienz fördernd, müssen die Wegelänge und Anzahl sinken (Zieldimension). Da die Ansatzhebel im Gegensatz zum Bereich Raumwärme nicht nur auf einen Indikator, sondern auf beide wirken, musste bei jedem Maßnahmenbündel die Wirkung auf beide Indikatoren abgeschätzt werden. Zudem ist die Liste der Ansatzhebel im Verkehrsbereich wesentlich länger, was dazu führt, dass der Fragebogen bedeutend umfangreicher ist als bei der Raumwärme. Dafür wurde der Abschnitt zu den indi-

rekt wirkenden Maßnahmen gestrichen, die ohnehin größtenteils als Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung im Personenverkehrsbereich definiert und abgefragt wurden.

Der Fragebogen zum Bereich Personenverkehr besteht aus vier Fragen plus der Erklärung der Legende, die mit den ersten vier Fragen im Bereich Raumwärme übereinstimmen. Bei der geschlossenen Frage nach der qualitativen Einschätzung der Wirksamkeit/Effektivität wurde eine sechsstufige Ratingskala gewählt. Dieser Unterschied zum Raumwärmefragebogen ergab sich dadurch, dass die Liste der Maßnahmen aus Literaturrecherche und Expertenbefragung aufgrund vieler Anregungen der Akteure erweitert und ausdifferenziert wurde. Somit sollten auch die Antwortmöglichkeiten ausdifferenziert werden. Außerdem besteht in der Fachliteratur zu empirischen Untersuchungen der Wirkung einzelner Maßnahmen Uneinigkeit in Bezug zu den Richtungseffekten. Neben den drei Sternekategorien (\*, \*\*, \*\*\*) bestehen die Antwortmöglichkeiten: keine Antwort, keine Wirkung und kontraproduktiv, was bedeutet, dass die Maßnahme zur Erhöhung der Wegelänge und Zahl führt. Die zweite und für die Quantifizierung des Energiesuffizienzpotenzials durch Umsetzung der Maßnahmen in den Langzeitszenarien interessante Frage wurde ebenfalls hinsichtlich der Antwortmöglichkeiten modifiziert. Aus einer Einteilung der Wirkungsabschätzung in 1%igen Intervallen wurde eine 2%ige Staffelung auf Anraten der Pretest-Teilnehmer. So betrugen die Wahlmöglichkeiten: 0,1 %-2 %, 2,1 %-4 %, 4,1 %-6 %. Zudem gab es noch die Möglichkeit, die Wirkung auf «mehr als 6 %» zu schätzen. Zudem bestand noch die Wahloption «keine Antwort».

Die Experten wurden noch gebeten, einzelne Maßnahmen zu ergänzen, die aus ihrer Sicht in der Liste fehlten. Dann sollten sie ihre Aufzählungen anhand der zuvor beschriebenen Fragen ebenfalls bewerten. Anschließend sollten sie aus der gesamten Anzahl an aufgeführten Maßnahmenbündeln die drei markieren, denen ihrer Meinung nach Priorität bei der Umsetzung eingeräumt werden sollte.

Aufgrund der einstimmigen Meinung der Feedback-Teilnehmer wurde der Fragebogen mit den dazugehörigen Informationen sowohl per Email als auch als Papierausdruck mit Anschreiben und frankiertem Rückumschlag verschickt. Grund dafür war, dass durch die Länge des Fragebogens und der Fülle an Informationen die Übersichtlichkeit an kleineren Bildschirmen nicht gesichert war. Rund die Hälfte der Teilnehmer hat die Befragung in der Papierform ausgefüllt. Es ist nicht davon auszugehen, dass durch die beiden unterschiedlichen Möglichkeiten der Teilnahme die Ergebnisse beeinflusst werden.

Die *non-response*-Quote der Befragung lag bei fünf Personen. Drei Personen haben trotz mehrfacher Nachfrage nicht reagiert. Eine Person hat fehlende Zeit als Grund für die Nicht-Teilnahme angegeben und eine weitere hielt die Erhebungsmethode für unpassend.

## Anlage 5: Die Stadt Wuppertal<sup>13</sup>

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, stehen einige Städte in Deutschland und anderen Industrienationen bereits heute vor Herausforderungen, die im Laufe der nächsten Jahrzehnte auf eine wachsende Zahl von Städten weltweit zukommen werden. Dazu zählen der demographische Wandel, wirtschaftlicher und finanzieller Problemdruck sowie die Notwendigkeit, sich an veränderte klimatische Bedingungen anzupassen und selbst Initiativen zu ergreifen, die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren.

Neben dem dadurch entstehenden Handlungsdruck, der in diesen Fällen die Stadtentwicklung beeinflusst, besteht die Chance als *early adopter* neue Lösungswege zu gehen und bei erfolgreicher Umsetzung als Vorbild für Kommunen zu dienen, in denen die Trends erst langfristig zum Tragen kommen. Eine dieser Städte, die schon heute vor den Herausforderungen stehen, ist Wuppertal. Die Stadt im Bergischen Land, zwischen Rheinschiene und Ruhrgebiet gelegen, hat ihren höchsten Bevölkerungsstand bereits im Jahr 1963 mit gut 423.000 Einwohnern erreicht (vgl. Stadt Wuppertal 2010: 5). Ende des Jahres 2015 lebten etwas mehr als 355.000 in Wuppertal (vgl. Stadt Wuppertal 2016a). Langfristig wird sich die Abwärtsentwicklung laut der Bevölkerungsprognosen weiter fortsetzen. Bis 2050 könnte die Einwohnerzahl um 77.500 auf ca. 271.500 zurückgehen (vgl. Reutter et al. 2012: 34). Der Landesbetrieb Information und Technik NRW geht bis 2040 von einem Rückgang auf gut 345.600 Einwohner aus (IT NRW 2016). Linear extrapoliert würde dies für 2050 einen Einwohnerstand von 342.600 bedeuten. Ein Grund für den bisherigen Bevölkerungsrückgang ist der negative natürliche Bevölkerungssaldo, ein zweiter der über viele Jahre negative Wanderungssaldo. Dabei stehen bei den Deutschen Sterbe- und Wanderungsverluste den Geburtenüberschüssen und Wanderungsgewinnen bei der ausländischen Bevölkerung gegenüber, was zu einem steigenden Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund führt. Ende 2008 lag der Anteil der Menschen mit Migrationshintergrund in Wuppertal bei 28 %. Prognosen gehen für die Zukunft von einem anhaltenden Trend aus (vgl. Stadt Wuppertal 2010: 7, 9). Während noch nicht alle deutschen Städte von Bevölkerungsabnahme betroffen sind, ist die Alterung der Gesellschaft ein flächendeckendes Phänomen. Der Anteil der Menschen ab 65 Jahren wird sich in Wuppertal von 17 % in 1992 auf 27 % in 2040 erhöhen (vgl. ebd.: 10). Zunehmender Wohnungsleerstand, neue Ansprüche an die Wohnung (altengerechte Ausstattung und Architektur) und das Wohnumfeld (Nahraumversorgung zur Aufrechterhaltung selbstbestimmten Lebens) sowie infrastrukturelle Unterauslastungen (z.B. im Bereich des ÖPNV oder der Kanalsysteme) kennzeichnen die derzeitigen und zukünftigen Herausforderungen.

Eine Ursache für den Wanderungsverlust ist der anhaltende wirtschaftliche Strukturwandel in Wuppertal, der bereits in den 1970er-Jahren mit dem Niedergang der Textilindustrie im Zuge der Globalisierung einsetzte. Zwischen 1990 und 2006 hat Wuppertal etwa 25 % der Arbeitsplätze vorwiegend in technischen Bereichen und bei den

<sup>13</sup> In Teilen vorveröffentlicht in Gröne (2016)



Fertigungsberufen verloren (vgl. Stadt Wuppertal 2008a: 3). Bislang ist es nicht gelungen, im Dienstleistungssektor ein entsprechendes Beschäftigungswachstum zu erzeugen. Hinzu kommt ein Anstieg der Verschuldung der Kommune. In Nordrhein-Westfalen lag Wuppertal 2011 an vierter Stelle der meistverschuldeten Städte pro Einwohner (vgl. WZ 2011). Im Jahr 2015 hat Wuppertal mehr als 2 Mrd. Euro Verbindlichkeiten. Für das Jahr 2017 ist erstmals wieder ein ausgeglichener Haushalt geplant. Doch das würde die Schulden noch nicht verringern (vgl. WZ 2016). Langfristige Prognosen für die wirtschaftliche und finanzielle Entwicklung in Wuppertal liegen nicht vor. Eine grundlegende Trendwende ist aber derzeit noch nicht zu erkennen. So ist davon auszugehen, dass steigende Transferzahlungen, vergleichsweise geringe Steuereinnahmen und hohe Arbeitslosenquote den Handlungsspielraum der Kommune prägen werden.

Auch wenn der Klimawandel eine globale Herausforderung darstellt, gibt es regional unterschiedliche Formen der Betroffenheit. In Nordrhein-Westfalen kam es seit den 1950er-Jahren bereits zu einem Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um mehr als 1,5 °C, wobei die Temperatur im nördlichen Bergischen Land stärker angestiegen ist als im Mittel (vgl. MUNLV 2007: 6 f.). Laut des *Regionalen Klimaatlas Deutschland* (vgl. 2014a) wird die durchschnittliche Temperatur im Jahresmittel in NRW zwischen 0,5 und 1,2 °C bis zum Jahr 2045 im Vergleich zu heute (1961-1990) zunehmen. Besonders früh wird die Region um Wuppertal mit den Auswirkungen von Starkregenereignissen und steigenden Niederschlagsmengen konfrontiert werden. So hat es in der Vergangenheit bereits eine leichte Zunahme der Niederschlagsmenge hauptsächlich in den Wintermonaten gegeben (vgl. LANUV 2010: 24). In Zukunft (bis 2045) ist das Bergische Land im deutschlandweiten Vergleich bei den Starkregentagen eine der Regionen mit dem höchsten Anstieg (+3 Tage) im Vergleich zu 1961-1990 (vgl. *Regionaler Klimaatlas Deutschland* 2014b). Im Jahr 2009 lag der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Einwohner in Wuppertal bei 9,24 t. Zwischen 1990 und 2009 kam es zu einer Verringerung um 1,88 t pro Kopf, die hauptsächlich auf verminderte Emissionen in den Wirtschaftssektoren zurückzuführen ist (vgl. Stadt Wuppertal 2012a: 9). Deutschlandweit lagen die Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen 2009 bei 9,1 t. (vgl. Statista 2016c) und damit leicht unter den Emissionen in Wuppertal. Für die Stadtplanung bestehen die Herausforderungen, die Kanalisation auf kurzzeitig auftretende große Wassermengen hin auszurichten sowie ausreichende Flächen zur Versickerung und zum Ausgleich von Hitzeinseln (Parks, Grünflächen etc.) in die Siedlungsfläche zu integrieren. Zudem werden etliche Maßnahmen geplant und umgesetzt, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf dem Gebiet der Stadt zu reduzieren.

So lässt sich festhalten, dass in der Stadt Wuppertal die drei großen Herausforderungen für die Stadtentwicklung (demographischer Wandel, wirtschaftliche und finanzielle Schwierigkeiten sowie Klimawandel) schon heute Handlungsdruck erzeugen, um eine nachhaltige Stadtentwicklung auch langfristig zu ermöglichen. Sie bieten aber auch Raum für technische und soziale Innovationen, die zu einer umfassenden Trans-

formation der bisherigen Lebens- und Wirtschaftsweise in der Stadt führen. Dass dieser Handlungsdruck in der Kommune wahrgenommen wird, zeigt die folgende Auflistung der zahlreichen Strategien, die bereits zum Umgang mit Herausforderungen eingeleitet worden sind.

Im Handlungsfeld «Demographischer Wandel» hat der Rat der Stadt Wuppertal im Jahr 2010 das «Handlungsprogramm Demographischer Wandel» beschlossen, in dem ein Demographie-Leitbild ausformuliert und Strategien zum zukunftsfähigen Umgang mit dem Feld aufgelistet werden (vgl. Stadt Wuppertal 2010). Um das Bewusstsein für die Beachtung der demographischen Belange zu erhöhen, werden seit dem Jahr 2011 Beschlussvorlagen im Rat um einen Demographie-Check ergänzt. Anhand einer Reihe von Bewertungskriterien wird geprüft, ob die Vorlageinhalte mit den Zielen des Demographie-Leitbildes übereinstimmen (vgl. Stadt Wuppertal 2011a).

Im Bereich «wirtschaftliche und finanzielle Schwierigkeiten» der Stadt hat Wuppertal für den Zeitraum 2000 bis 2014 ein umfassendes Haushaltssicherungskonzept erstellt, das Konsolidierungsmaßnahmen im Wert von 80 Mio. Euro enthält (z.B. Schließung von drei Frei- und zwei Hallenbädern, Aufgabe des Schauspielhauses, Verkauf städtischer Grundstücke, Anhebung verschiedener städtischer Steuern) (vgl. Stadt Wuppertal 2009a; 2012b). Im Jahr 2012 wurde darüber hinaus ein langfristiger Haushaltssanierungsplan für die Jahre 2012 bis 2021 aufgestellt (vgl. Stadt Wuppertal 2012b).

Im Handlungsfeld «Klimaschutz und Klimaanpassung» blickt die Stadt Wuppertal auf eine über 35 jährige Geschichte mit zahlreichen Aktivitäten zurück. Tabelle 54 gibt einen Überblick über wichtige Meilensteine.

**Tabelle 54: Meilensteine der Klimaschutzaktivitäten in Wuppertal**

Jahr	Klimaschutzaktivität
1979	Gründung einer Energiegruppe des Hochbauamtes
1987	Kommunalwettbewerb «Die energiebewusste Kommune»: Wuppertal belegt den ersten Platz bei den kreisfreien Städten
1991	Beitritt zum «Klimabündnis»
1993	Beauftragung eines CO <sub>2</sub> -Minderungskonzeptes
1996 1996	Beschlussfassung zu Handlungsfeldern, Maßnahmen und Monitoring des CO <sub>2</sub> -Minderungskonzept: - 38 % von 1992 bis 2010 sind wirtschaftlich realisierbar (von 3 auf 1,8 Mio t) Verkehr ist nicht einbezogen!
1999	Erste Passivhaussiedlung NRWs in Wuppertal-Vohwinkel
2001	Beteiligung am Forschungsprojekt «communal labels», seit 2003 European Energy Award (eea) – als erste deutsche Stadt 2003 zertifiziert, zweite Zertifizierung 2006, dritte Zertifizierung 2011

Jahr	Klimaschutzaktivität
2005	Modernisierung des Heizkraftwerks Barmen: Ersatz der Steinkohlefeuerung durch eine GuD-Turbine
2007	Beschluss des Klimaschutzziels des Klimabündnisses für Wuppertal, 10 % CO <sub>2</sub> - Einsparung alle 5 Jahre
2007	Fuhrpark der Stadt Wuppertal wird als klimaschonendster Fuhrpark Deutschlands von der Deutschen Umwelthilfe ausgezeichnet.
2009	Beschluss des Klimaschutzprogramms 2009-2020 der Stadt Wuppertal
2009	Beginn des Ausbaus der ehemaligen Nordbahntrasse zum Rad- und Fußweg

Quelle: eigene Zusammenstellung in Anlehnung an Brendel 2011

## Anlage 6: Der Sektor «Private Haushalte» in Wuppertal

Im Jahr **1990** betrug der CO<sub>2</sub>-Ausstoß privater Haushalte in Wuppertal 1.141.000 t. Bei einer Einwohnerzahl von 383.660 beliefen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einwohner und Jahr auf 2,97 t (vgl. Stadt Wuppertal 2016c). Der Endenergieverbrauch belief sich auf 3.160 GWh bzw. 8,2 MWh pro Person (vgl. ebd.).

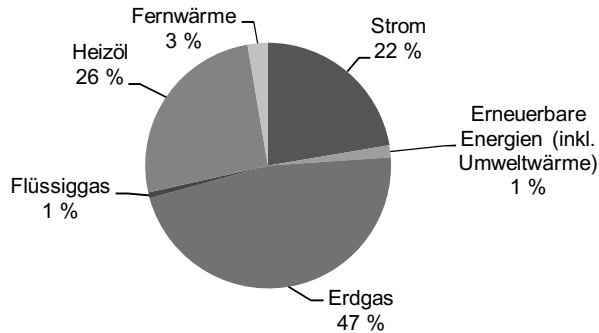
Im Jahr **2009** betrugen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich der Haushalte 934.840 t (vgl. ebd.). Die Emissionen sanken damit im Betrachtungszeitraum absolut gesehen um 18 %. Pro Kopf ist, anders als im Verkehrsbereich, auch eine Abnahme zu verzeichnen. Die Emissionen sanken von 2,97 auf 2,66 t pro Person und Jahr. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden im Bereich der Haushalte über LCA-Faktoren bilanziert, sodass die Vorkette der Energiebereitstellung («graue Emissionen»: Anlagenherstellung, Betrieb, Rückbau, Vorkette von Brennstoffen) mit eingerechnet wird. Die Endenergienachfrage der Haushalte in Wuppertal erreichte im Jahr 2009 2.827 GWh und verringerte sich pro Person um 0,1 MWh auf 8,1 MWh im Vergleich zu 1990 (vgl. ebd.).

Absolut gesehen ist die Energienachfrage privater Haushalte um 10,5 % gesunken. Bei den Anteilen der Energieträger hat es einige Verschiebungen im niedrigen, einstelligen Bereich gegeben. Erdgas machte auch 2009 immer noch den größten Anteil aus. Der Wert ist aber von 50 % in 1990 auf 47 % in 2009 gesunken. An zweiter Stelle folgte weiterhin das Heizöl mit 26 %. 1990 betrug der Anteil nur 23 %. An dritter Stelle lag in 2009 der Strom mit 22 %. Damit ist der Anteil um 1 % gegenüber 1990 gewachsen. Der Anteil der Fernwärme ist von 2 % auf 3 % gestiegen, während der Anteil des Flüssiggases konstant bei 1 % blieb. 1990 betrug der Anteil der Steinkohle noch 3 %. 2009 schrumpfte der Wert auf 0,0001 %. Neu hinzugekommen sind die erneuerbaren Energien (Holz, Sonnenkollektoren, plus Umweltwärme), die 2009 einen Anteil von 1 % aufweisen (vgl. ebd.).

Abbildung 59 zeigt noch einmal zusammenfassend die prozentuale Aufteilung der einzelnen Energieträger an der Energienachfrage privater Haushalte für das Jahr 2009.

Der Anteil privater Haushalte am Endenergieverbrauch Wuppertals lag 2010 bei 25,4 % und damit an dritter Stelle hinter der Industrie (43,9 %) und dem Verkehr (29,2 %) (EEA 2011: 4).

**Abbildung 59: Wuppertal: Anteile der Energieträger an der Energienachfrage privater Haushalte in 2009**



Quelle: eigene Darstellung nach Daten der Stadt Wuppertal 2016c

### Raumwärme in Wuppertal

Aufgrund der hohen Bedeutung der Raumwärme für die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen, der Auswirkungen von Veränderungen der Raumwärmenachfrage über die Quadratmeter auf die Raumstruktur und die Notwendigkeit zur Komplexitätsreduzierung wird in den Szenarien eine Eingrenzung auf Raumwärme vorgenommen. Für Wuppertal gibt es, nach Aussage eines Mitarbeiters der Stadt, weder für das Jahr 1990 noch für 2009 eine Ausdifferenzierung der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Anwendungsbereichen. Um dennoch einen groben Überblick über die Werte zu bekommen, werden auf Grundlage der Aufteilung nach Energieträgern ungefähre Größen bestimmt. Zunächst wird der Stromverbrauch den Anwendungsbereichen Prozesswärme (z.B. Kochen), Lüften/ Haustechnik, Beleuchtung, mechanische Energie (z.B. Kühlschränke, Trockner), Informations- und Telekommunikation sowie Sonstiges zugeordnet. Mit Strom betriebene Nachtspeicherheizungen, die es in Wuppertal nach Aussagen eines Mitarbeiters der Stadt noch zu einem geringen Anteil gibt, werden somit nicht im Raumwärmebereich betrachtet. Auch die Warmwassererzeugung mit Strom wird nicht gesondert ausgewiesen.

Es wird angenommen, dass die übrigen Energieträger zur Wärmeproduktion (Wasser und Raumtemperatur) eingesetzt werden. Aus der Literatur werden die Anteile der Anwendungen Raumwärme und Warmwasser am Endenergieverbrauch übernommen und auf Wuppertal übertragen. Im Bereich der Wärmenachfrage trägt die Raumwärme zu 89 % bei, Warmwasser hat einen Anteil von 11 % (vgl. eigene Berechnung auf Grundlage von Schlesinger et al. 2014: 133). Es wird angenommen, dass das Verhältnis auch im Jahr 1990 bestand.

Tabelle 55 zeigt für die privaten Haushalte die Veränderung der Endenergienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1990 und 2009 in Wuppertal. Während die abso-

luten Werte um 14,4 % bzw. 17,1 % zunehmen, ist der Anstieg pro Person aufgrund der höheren Einwohnerzahl 1990 mit 4,6 % bzw. 7,1 % deutlich geringer.

**Tabelle 55: Raumwärme privater Haushalte in Wuppertal für 1990 und 2009**

	Raumwärme privater Haushalte			
	Wuppertal/a		Pro Person/a	
	Endenergienachfrage (GWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)	Endenergienachfrage (MWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)
1990	2.208	610.613	5,8	1,59
2010	1.931	521.561	5,5	1,49
	Zunahme von 2009 bis 1990 um 14,4 %	Zunahme von 2009 bis 1990 um 17,1 %	Zunahme von 2009 bis 1990 um 4,6 %	Zunahme von 2009 bis 1990 um 7,1 %

Quelle: eigene Berechnung nach Daten der Stadt Wuppertal 2016c und Schlesinger et al. 2014

Da für Vohwinkel für das Jahr 2010 konkrete Wärmeverbrauchsdaten durch den Wärmeetlas der Wuppertaler Stadtwerke vorliegen, werden nicht die hier grob errechneten Pro-Kopf Werte als Ausgangswerte für die Szenarien verwendet, sondern die Daten aus dem Wärmeetlas. Die errechneten Pro-Kopf Werte dienen als Vergleichswerte und zur Berechnung der Werte für 1990 auf Grundlage der Daten des Wärmeetlas.

## Anlage 7: Der Sektor «Verkehr» in Wuppertal

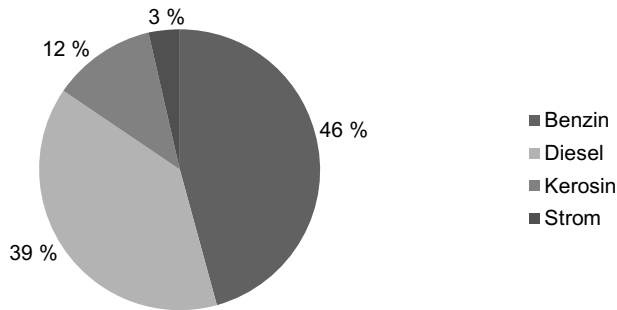
Im Jahr **1990** betrug der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Verkehrsbereichs der Stadt Wuppertal 1.029.664 Tonnen (t). Bei einer Einwohnerzahl von 383.660 beliefen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einwohner und Jahr auf 2,83 t (vgl. Stadt Wuppertal 2015). Bei der Kalkulation wurde das «verursacherbezogene Bilanzierungsprinzip» angewandt, bei dem alle CO<sub>2</sub>-Emissionen angerechnet werden, die durch Einwohner und Beschäftigte Wuppertals verursacht werden. Dies gilt auch für außerhalb des Stadtgebietes verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen, sofern es sich hierbei um Pendlerverkehr handelt (vgl. Gertec 2012: 9). Der Endenergieverbrauch belief sich auf 3.039 GWh (vgl. Stadt Wuppertal 2015).

Für das Basisjahr 2010 in Wuppertal werden als Grundlage die Daten der ECOSPEED EcoRegion Wuppertal des Jahres 2009 herangezogen. Grund dafür ist, dass für das Jahr 2009 die letzten *bottom-up*-Daten in Wuppertal erhoben wurden. Daten für die Jahre 2010 bis 2014 sind zusammengesetzt aus Extrapolationen und deutschlandweiten Durchschnittswerten. Für das Jahr **2009** belaufen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrsbereich auf 989.215 t (vgl. Stadt Wuppertal 2015). Obwohl die Emissionen im Betrachtungszeitraum absolut gesehen leicht gesunken sind, stiegen sie pro Kopf und Jahr aufgrund des Bevölkerungsrückgangs von minus 8,5 % von 2,68 t auf 2,82 t an. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors wurden über Life-Cycle-Assessment (LCA)-Faktoren bilanziert, sodass die Vorkette der Energiebereitstellung, die so genannten «graue Emissionen» (Anlagenherstellung, Betrieb, Rückbau, Vorkette von Brennstoffen), ebenfalls eingerechnet wird. Der Endenergieverbrauch für den Verkehrsbereich in Wuppertal erreichte im Jahr 2009 2.965 GWh (vgl. ebd.).

Der gesamte Verkehrssektor war im Jahr 2010 für 29,2 % der Endenergienachfrage in Wuppertal verantwortlich und lag damit an zweiter Stelle hinter der Industrie (43,9 %) (vgl. EEA 2011: 4).

Abbildung 60 zeigt die prozentualen Anteile der Energieträger an den CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Jahr 2009. Seit 1990 haben Diesel und Kerosin besonders an Bedeutung gewonnen. Ursachen sind zum einen der bundesweit angestiegene Flugverkehr. Hier wurden deutschlandweite Daten für Wuppertal verwendet, da keine kommunalen Werte vorliegen. Zum anderen haben Dieselfahrzeuge im Bereich des motorisierten Individualverkehrs und des Güterverkehrs stark zugenommen (vgl. Gertec 2012: 12).

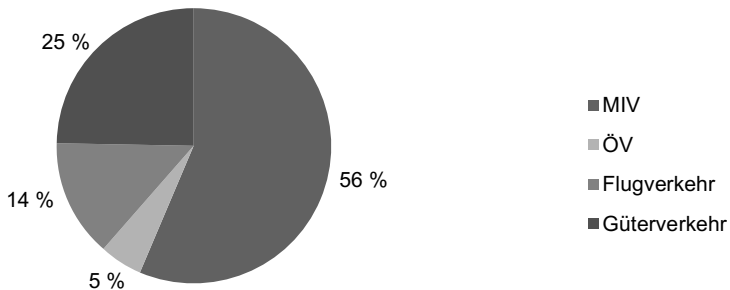
**Abbildung 60: Wuppertaler Verkehrssektor: Anteile der Energieträger an den CO<sub>2</sub>-Emissionen in 2009**



Quelle: eigene Darstellung nach Daten von Gertec 2012

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) ist mit Abstand für den größten Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrsbereich in Wuppertal verantwortlich. Mit einem Anteil von 56 % liegt er weit vor dem (Personen-)Flugverkehr, der einen Anteil von 14 % hat. Der öffentliche Verkehr (ÖV) besitzt einen Anteil von 5 % im Jahr 2009. Der Güterverkehr ist für 25 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich (vgl. Abbildung 61).

**Abbildung 61: Wuppertaler Verkehrssektor: Anteil der Verkehrsarten an den CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2009**



Quelle: eigene Darstellung nach Daten Stadt Wuppertal 2015

### Personenverkehr in Wuppertal

Aufgrund der weiterhin hohen Bedeutung des Personenverkehrs und der Notwendigkeit zur Komplexitätsreduktion wird in den Szenarien schwerpunktmäßig der Personenverkehr betrachtet. Dennoch ist zu betonen, dass es auch Wechselwirkungen zum Güterverkehr gibt, die für die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrsbereich wichtig sind. Der Personenverkehr trägt im Jahr 2009 mit 75 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zum Güterverkehr den größeren Anteil. Im Jahr 1990 belief sich der Anteil mit 823.662 t CO<sub>2</sub> noch auf 80 % der Gesamtemissionen des Verkehrsbereichs in Wuppertal. Damals



betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf allein für den Personenverkehr 2,15 t. 2009 lag der Wert bei 2,12 t (eigene Berechnung nach Daten der Stadt Wuppertal 2015; vgl. Tabelle 56).

**Tabelle 56: Personenverkehr in Wuppertal 1990 und 2009: Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen**

	Personenverkehr			
	Wuppertal/a		Pro Person/a	
	Endenergienachfrage (GWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)	Endenergienachfrage (MWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)
1990	3.087	823.662	8,05	2,15
2009	2.806	745.093	7,99	2,12
	Zunahme von 2009 bis 1990 um 10,0 %	Zunahme von 2009 bis 1990 um 10,6 %	Zunahme von 2009 bis 1990 um 0,7 %	Zunahme von 2009 bis 1990 um 1,2 %

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung nach Daten der Stadt Wuppertal 2015

Die nicht-motorisierte Mobilität, die ein zentraler Bestandteil der Energiesuffizienz-Strategie ist, zählt zur größten Baustelle beim internen Re-Audit des European Energy Audit (EEA) der Stadt Wuppertal. Das bedeutet, dass hier die größte Differenz zwischen der Ist-Situation im Jahr 2010 und den geplanten Maßnahmen besteht. Innerhalb des Handlungsfeldes Mobilität weist der Bereich der nicht-motorisierten Mobilität die größte Abweichung zwischen einer als möglich angesehenen Situation und der Ist-Situation auf (vgl. EEA 2011: 9).

## Anlage 8: Datenbereinigung der Befragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Vohwinkeler

Laut der Rohdaten der Verkehrsbefragung der Stadt Wuppertal haben 682 Befragte ihren Wohnort im Bezirk Vohwinkel angegeben. Davon haben 33 Befragte den Wohnort in einer Verkehrszelle angegeben, die nicht zu Vohwinkel zählt. Diese Daten wurden aus der weiteren Auswertung entfernt. 99 Befragte haben zwar angegeben, in Vohwinkel zu wohnen, aber keine Angabe dazu gemacht, in welcher Verkehrszelle. Sie werden dennoch weiter mit ausgewertet. Somit verbleiben 649 Personen zur Auswertung. Das entspricht einem Anteil der Vohwinkeler Bevölkerung von 2,14 %. Dieser geringe Stichprobenumfang erschwert die Übertragbarkeit auf die Gesamtbevölkerung, liefert aber Anhaltspunkte für das heutige Verkehrsverhalten der Vohwinkeler. Außerdem stehen derzeit ohne erheblichen Erhebungsaufwand keine geeigneteren Datenquellen zum tatsächlichen Verkehrsverhalten der Vohwinkeler Bevölkerung zur Verfügung.

Einige der 649 Fragebögen wurden lückenhaft ausgefüllt. Wenn nur die vollständig ausgefüllten Bögen mit aufgenommen würden, bedeutete dies eine erhebliche Abnahme der Datenmenge. Da das Hauptinteresse der Auswertung auf den am Erhebungstag zurückgelegten Wegelängen und der Wegezahl liegt, werden hier Daten durch Schätzungen ergänzt. Es werden nur die Wege in die Auswertung mit aufgenommen, die eine Angabe zur Wegelänge oder zum Start- und/oder Zielpunkt haben, da die Wegelänge bei suffizientem Verhalten von zentraler Bedeutung ist.

Die gesamte Wegezahl beträgt 2056. Lediglich 10 Wege (0,5 %) haben weder Start- und Zielangaben noch Wegelänge, aber Angaben zur Startzeit/Ankunftszeit. Diese Wege werden nicht mehr mit in die Auswertung einbezogen. Somit werden in der weiteren Auswertung 2046 Wege betrachtet. Bei 339 (16,5 %) der 2.046 Wege wird eine Entfernung ergänzt, da sie nicht angegeben ist. Sind die Start- und Zielzelle oder die jeweiligen Quartiere aufgeführt und lediglich die Angabe der Kilometer fehlt, so wird mithilfe von *google maps* die Entfernung von einem zentralen Punkt der Zelle/ des Quartiers bis zu einem zentralen Punkt in der Zielzelle/-quartier ermittelt. Tabelle 57 zeigt die angenommenen Werte, wenn keine Angaben zur Start- und Zielzelle bzw. den Quartieren gemacht wurden.

55 Personen (8,5 %) geben an, am Stichtag keine außerhäusigen Wege zurückgelegt zu haben. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe beträgt 73 Jahre, wobei die jüngste Person 47 Jahre und die älteste 94 Jahre alt ist.

561 der Befragten (86 %) starteten am Erhebungstag ihren ersten Weg von der eigenen Wohnung aus.

**Tabelle 57: Annahmen zu Wegelängen bei lückenhaften Daten ohne VZ oder Quartiersangabe bzw. innerhalb einer Verkehrszelle**

Abgeschätzte Entfernung	Verkehrsmittel	Entfernung
zwischen Vohwinkel und Wuppertal	Auto/ÖPNV	13 km
zwischen Vohwinkel und außerhalb NRWs	Auto/ÖPNV	200 km
innerhalb eines Stadtbezirks	Auto/ÖPNV	3 km
innerhalb eines Stadtbezirks	Zu Fuß	je nach Wegezeit (1 km à 10 min)
innerhalb einer VZ	Bei allen Verkehrsmitteln	1 km

Quelle: eigene Darstellung

## Anlage 9: Auswertung der Befragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Vohwinkeler

8,5 % der Befragten geben an, am Stichtag bzw. falls am Stichtag keine Wege zurückgelegt wurden, am vorhergehenden Donnerstag keine außerhäusigen Wege zurückgelegt zu haben. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe beträgt 73 Jahre, wobei die jüngste Person 47 Jahre und die älteste 94 Jahre alt ist. 86 % der Teilnehmer starten am Erhebungstag ihren ersten Weg von der eigenen Wohnung aus. 25 % aller Wege, die von den Vohwinkelnern am Erhebungstag zurückgelegt werden, verbleiben innerhalb der Grenzen des Stadtbezirks. 44 % der Wege werden darüber hinaus innerhalb Wuppertals zurückgelegt (ausgenommen also der Binnenwege in Vohwinkel). Das bedeutet, dass etwas mehr als 2/3 der Wege der befragten Vohwinkeler Bevölkerung innerhalb von Wuppertal stattfinden. 67 % der Wege, die unternommen werden, bestehen aus einem Hin- und einem Rückweg. 33 % der Wege sind als Wegeketten mit mindestens drei Einzelwegen charakterisiert, was Potenzial für die Förderung von Wegeketten vermuten lässt.

Tabelle 58 zeigt die zentralen Analysekatoren unterteilt nach dem Wegezweck: durchschnittliche Wegezeit, mittlere Wegelänge und prozentuale Aufteilung der Wegezwecke auf die Wegezähl.

**Tabelle 58: Auswertung der Wegezwecke der Vohwinkeler Bevölkerung**

	Wegezeit in min.	Wegelänge in km	% Anteil an Wegezähl
Schule / Ausbildung	33	10,6	7
Arbeiten	28	14,1	14
Gesch./dienstl. Wege	34	27,4	3
Einkaufen / pers. Erledigungen	19	5,9	20
Bringen / Holen	17	9,1	5
Freizeit	33	9,0	13
Nach Hause	29	11,2	36
k.A.	20	12,9	2
Gesamtmenge	26	10,2	100

\*bei 132 Wegen wurde keine Wegezeit angegeben. Diese Daten wurden bei der Wegezeit nicht berücksichtigt

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung nach Daten der Stadt Wuppertal 2011c

Tabelle 58 zeigt, dass die geschäftlichen und dienstlichen Wege im Mittel die größte Entfernung aufweisen. Ihr Anteil an der Wegezähl beträgt lediglich 3 %. Nach den «nach Hause-Wege» mit 36 % haben die Einkaufs- und Erledigungswege mit 20 % den zweitgrößten Anteil. Die mittlere Entfernung für den Wegezweck beläuft sich auf

6 km und weist damit die geringste mittlere Entfernung auf. Ein Blick auf die Standardabweichung als Maß für die Streubreite der Werte um den Mittelwert zeigt, dass beim Merkmal der Wegelänge aller Wegezwecke die Streuung mit 22 km doppelt so groß ist, wie der Mittelwert mit 10,2 km. Das bedeutet, dass die durchschnittliche Entfernung aller Wege zum Mittelwert 22 km beträgt. Der kürzeste Weg ist mit 200 m angegeben, der längste mit 500 km. Die Standardabweichung ist bei geschäftlichen/dienstlichen Wegen mit 63 km als durchschnittliche Entfernung zum Mittelwert von 27 km am größten. Die geringste Standardabweichung verzeichnet der Bereich Einkaufen/pers. Erledigungen mit 5 km bei einer mittleren Wegelänge von 6 km.

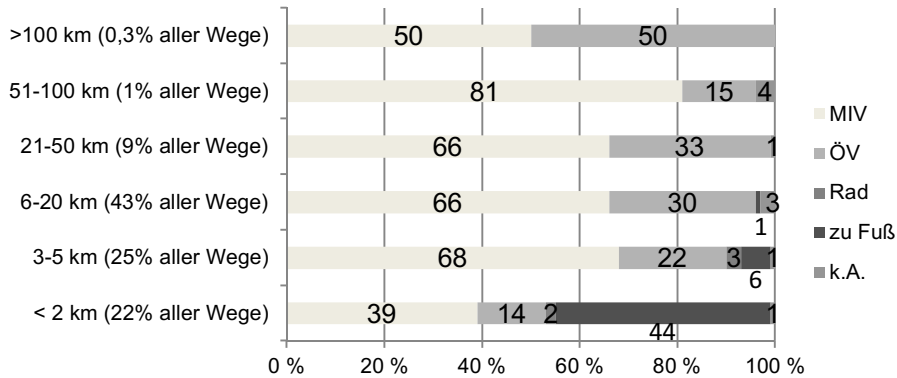
Pro Person werden am Erhebungstag 3,2 Wege im Mittel zurückgelegt. 86 Minuten beträgt die mittlere Zeit, die die Teilnehmer pro Tag für die räumliche Mobilität aufwenden. Die mittlere Entfernung pro Person und Tag betr t 32,1 km.

**Tabelle 59: Auswertung des Modal Splits der Teilnehmer aus Vohwinkel**

	Wegezeit in min.	Wegezeit in km	Anteil an Wegezahl	Anteil am Verkehrsaufwand
MIV	22,5	10,6	60,3 %	63,4 %
�V	40,5	13,4	24,6 %	32,3 %
Rad	20,9	3,3	1,3 %	0,4 %
Zu Fuß	22,6	1,9	11,7 %	2,1 %
k.A.	20,1	10,6	1,7 %	1,7 %

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung nach Daten der Stadt Wuppertal 2011c

Tabelle 59 zeigt, dass der motorisierte Individualverkehr (MIV) mit 63,4 % den gröſsten Anteil am Verkehrsaufwand der Befragten hat. Weitere 32,3 % der Gesamtwegel nge werden mit dem  V zurückgelegt. Der nicht-motorisierte Verkehr hat einen Anteil von 2,5 %, was durch die geringe mittlere Wegelänge mit verursacht wird. Außerdem spielt der Radverkehr mit einem Anteil von 1,3 % aller Wege eine geringe Rolle. Aufgrund der mittleren Wegelänge und der Wegezeit ist zu vermuten, dass der Anteil am Verkehrsaufwand zu dem keine Angaben (k.A.) gemacht wurden, dem motorisierten Verkehr zugerechnet werden kann. In der Energiebilanzierung wird dieser Anteil dem MIV zugerechnet. Im  V ist mit 40,5 Minuten die mittlere Wegezeit pro Weg fast doppelt so hoch wie die mittlere Wegezeit mit den übrigen Verkehrsmitteln. Allerdings stellt auch die mittlere Wegelänge mit den  V den höchsten Wert mit 13,4 km dar. Grund für die hohen Werte könnte sein, dass der  V für weite Strecken (Fernzug) genutzt wurde. Werden jedoch in einer Sensitivitätsanalyse die Fernstrecken (>100km) aus der Berechnung herausgenommen, beträgt der Mittelwert immer noch 39 Minuten. Der Mittelwert der Wegelänge sinkt auf 10,5 km (eigene Berechnung).

**Tabelle 60: Modal Split der Befragten differenziert nach Wegelängengruppen bezogen auf Wegezah 2011**

Quelle: eigene Auswertung und Darstellung nach Daten der Stadt Wuppertal 2011c

Tabelle 60 zeigt im Vergleich die Verkehrsmittelwahl nach Entfernungsklassen der Befragten. Der nicht motorisierte Verkehr spielt ausschließlich bei Wegen von 2 km und weniger eine zentrale Rolle (46 %). Dennoch wird die Mehrheit der Wege auch in dieser Kategorie mit motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt. Der Anteil des MIV beträgt fast 40 %. Auch wenn es individuelle Gründe gibt, warum diese Strecken mit dem Auto zurückgelegt werden (z.B. Teil einer Wegeketten, Transportgründe etc.), ist zu vermuten, dass es hier Potenzial zur Verlagerung auf den nicht-motorisierten Verkehr gibt. Wege bis zu 6 km eignen sich besonders für den nicht motorisierten Verkehr. Immerhin machen sie 47 % aller Wege aus. 43 % aller Wege liegen zwischen 6 und 20 km. Hier werden bereits 96 % mit dem motorisierten Verkehr zurückgelegt. Bei 2/3 der Wege wird der MIV genutzt.

Wege über 20 km machen gut 10 % der Gesamtzahl der Wege aus. Diese 10 % sind für 43 % der Wegelängen verantwortlich (eigene Berechnung nach Daten der Stadt Wuppertal 2011c). Es wird deutlich, dass in diesem Bereich, wo die Wege ausschließlich mit motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt werden, durch Wegeverkürzung aufgrund der Wahl eines nähergelegenen Ziels oder der kompletten Wegeeinsparung (z.B. durch Nutzung von E-Angeboten) das Einsparpotenzial an motorisiertem Verkehr besonders hoch ist.

Die Auswertung des Personenverkehrs macht den hohen Stellenwert des motorisierten Verkehrs der befragten Vohwinkeler deutlich. Knapp 85 % aller Wege und fast 96 % des Verkehrsaufwandes entfallen auf die motorisierten Verkehrsmittel (vgl. Tabelle 59). Da durch die Förderung von Energiesuffizienz speziell der motorisierte Verkehr aufgrund der Energieintensität und der CO<sub>2</sub>-Emissionen vermindert werden soll, wird im Folgenden ein Schwerpunkt auf die Ausgangssituation in diesem Teilsegment des Personenverkehrs gelegt.

Die Auswertung ergibt, dass die mittlere Entfernung pro Weg mit motorisierten Verkehrsmitteln bei 11,4 km liegt. Die mittlere Anzahl der Wege pro Person und Tag beträgt 2,74. Dies sind die wichtigsten Ausgangswerte, die zur Entwicklung der Szenarien verwendet werden. Zur besseren Abschätzung des Energieverbrauchs und der Emissionen werden noch weitere Analysen vorgenommen. 65 % des Verkehrsaufwandes werden mit Verkehrsmitteln des MIV und 33 % mit dem ÖV zurückgelegt. Wie in Tabelle 59 zu sehen ist, wird bei 1,7 % kein Verkehrsmittel angegeben. Aufgrund der mittleren Wegezeit und der Entfernung wird angenommen, dass es sich hierbei um Wegelängen mit dem MIV handelt. Dennoch wird der Bereich weiter getrennt aufgeführt. Es handelt sich um 2 % des Verkehrsaufwandes.

**Tabelle 61: Kennwerte des motorisierten Verkehrs der Vohwinkeler 2011**

	Wegelänge in km	Wegezahl pro Person und Tag	Wegelänge pro Person und Tag
Schule / Ausbildung	11,5	0,19	2,13
Arbeiten	14,9	0,41	6,05
Gesch./dienstl. Wege	29,6	0,10	2,95
Einkaufen / pers. Erledigungen	6,6	0,50	3,30
Bringen / Holen	8,1	0,15	1,25
Freizeit	9,4	0,32	3,05
Nach Hause	11,8	1,02	11,97
k.A.	10,9	0,05	0,59
Gesamtmenge	11,4	2,74	31,3

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung nach Daten der Stadt Wuppertal 2011c

Tabelle 61 gibt, differenziert nach mittlerer Wegelänge, Wegezahl pro Person und Tag und Wegelänge pro Person und Tag die Aufteilung des motorisierten Verkehrs der Befragten nach Verkehrszwecken wieder. Da sich aufgrund des demographischen Wandels in Zukunft die Wegezahlen verschieben werden (vgl. Erhard et al. 2014), ist diese Differenzierung nach Zwecken von Interesse. Während Wege zur Schule/ Ausbildung, Dienstliche/ Geschäftliche Wege sowie Arbeitswege aufgrund der Alterung der Gesellschaft weniger werden, nimmt die Zahl der Freizeitwege zu (vgl. ebd.).

## Anlage 10: Auswertung Wärmeetlas Wuppertaler Stadtwerke für die Daten aus Vohwinkel

Nach Auswertung des Wärmeetlas gehen 5.363 Datensätze in die Analyse des Ist-Zustandes der Wohnsituation in Vohwinkel im Jahr 2010 mit ein. In Tabelle 62 wird ein Überblick über die Wohnsituation getrennt nach Häusertypen im Basisjahr 2010 gegeben. Den größten Anteil an bewohnter und gesamter Wohnfläche sowie den höchsten Wert an durchschnittlichen Quadratmetern pro Person mit 43,5 m<sup>2</sup> haben die Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH). Etwas mehr Einwohner und Haushalte als in EZFH leben allerdings in Mehrfamilienhäuser (MFH). Die bewohnten Quadratmeter pro Person weisen mit 32,7 m<sup>2</sup> hier den geringsten Wert der vier Haustypen auf. Mit Abstand den geringsten Anteil an bewohnter und gesamter Wohnfläche haben die gemischt genutzten Gebäude (GGG), z.B. Schulen mit Hausmeisterwohnung. Der Leerstand der großen Mehrfamilienhäuser (GFH) und MFH wurde aus dem Vergleich der Anzahl der Wohneinheiten (WE) der Gebäudetypologie der Stadt Wuppertal für 2010 und der Anzahl der Haushalte (HH) in MFH und GFH abgeleitet. Im Anhang, Anlage 11 befindet sich eine Diskussion der Ableitung der Leerstandswerte.

**Tabelle 62: Grunddaten zur Wohnsituation in Vohwinkel 2010**

	EZFH	MFH	GFH	GGG	Gesamt
Bewohnte m <sup>2</sup>	472.553	368.443	298.301	9.874	1.149.171
Zahl der Einwohner	10.863	11.279	8.402	250	30.794
Bewohnte m <sup>2</sup> pro Person	43,5	32,7	35,5	39,4	37,3
Zahl der bewohnten Wohneinheiten (=Haushalte)	4.450	5.862	3.868	122	14.302
Zahl der leer stehenden Wohneinheiten	38	680	449	0	1.167
Leerstand an WE in %	0,9	10,4	10,4	0	7,5
Leerstand an m <sup>2</sup>	4.047	42.751	34.613	0	81.411
Leerstand an m <sup>2</sup> in %	0,9	10,4	10,4	0	6,6
Gesamte Wohnfläche	476.600	411.194	332.914	9.874	1.230.582

Quelle: eigne Berechnung und Darstellung nach Daten der WSW 2011 und der Gebäudedatei der Stadt Wuppertal 2008c (gerundete Werte)

Für den gesamten Stadtbezirk Vohwinkel betrug der Endenergieverbrauch für private Haushalte im Jahr 2010 141 kWh(m<sup>2</sup>\*a). Im Vergleich zum langjährigen Mittel in Düsseldorf (nächste Wetterstation für Vohwinkel) waren die Temperaturen in der Heizperiode 2010 für Vohwinkel etwas niedriger, weshalb der Endenergieverbrauch durch den Faktor 1,12 dividiert wurde (vgl. IWU 2016). 2010 waren die Temperaturen also etwas kälter als der langjährige Durchschnitt in Vohwinkel bzw. Düsseldorf. Wit-



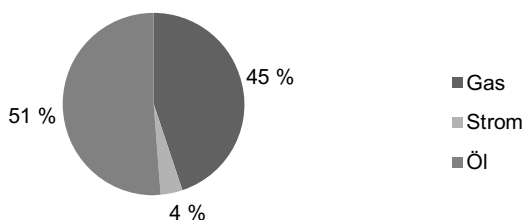
terungsbereinigt ergibt sich ein Endenergieverbrauch von 126 kWh(m<sup>2</sup>\*a). Da für die Szenarien der Nutzenergieverbrauch die entscheidende Größe ist, wurde der Wirkungsgrad der jeweiligen Heizungsanlagen mit eingerechnet. Die Nutzenergie ist die tatsächlich zur Raumwärme genutzte Energie, bei der Übertragungs- und Umwandlungsverluste abgezogen sind. In Szenarien wird der Nutzenergiewert, der auch als Heizwärmebedarf bezeichnet wird, über die Sanierungstiefe angegeben. Der witterungsbereinigte Nutzenergieverbrauch lag 2010 bei 105 kWh(m<sup>2</sup>\*a) (vgl. Tabelle 63). Mit diesem Nutzenergiewert liegt Vohwinkel leicht oberhalb des NRW Durchschnitts, der für 2010 mit 99 kWh(m<sup>2</sup>\*a) beziffert ist (vgl. Zeiss et al. 2014: 84).

**Tabelle 63: Raumwärme: Energieverbrauch pro Quadratmeter bewohnter Wohnfläche in 2010**

	Endenergieverbrauch	Witterungsbereinigter Endenergieverbrauch	Nutzenergieverbrauch	Witterungsbereinigter Nutzenergieverbrauch
Vohwinkel gesamt	141 kWh(m <sup>2</sup> *a)	125 kWh(m <sup>2</sup> *a)	118 kWh(m <sup>2</sup> *a)	105 kWh(m <sup>2</sup> *a)

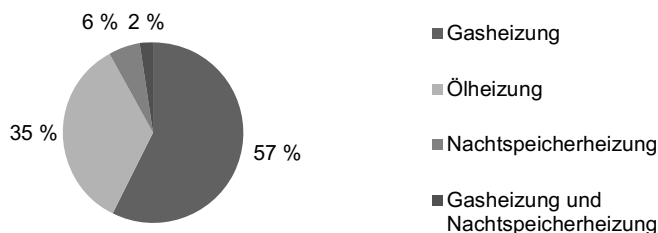
Quelle: eigene Berechnung nach Daten WSW 2011, Witterungsbereinigung IWU 2016

**Abbildung 62: Anteile der Energieträger am Energieverbrauch für Raumwärme von HH in 2010 in Vohwinkel**



Quelle: eigene Berechnung nach Daten WSW 2011

**Abbildung 63: Anteil der Heizungsarten an der Versorgung von HH in 2010 in Vohwinkel**



Quelle: eigene Berechnung nach Daten WSW 2011

Abbildung 63 zeigt, dass 57 % der Gebäude mit Wohnnutzung mit einer Gasheizung ausgestattet sind, allerdings hat der Energieträger Gas nur einen Anteil von 45 % am Energieverbrauch für Raumwärme, was für die Effizienz der Anlagen spricht. Hingegen haben Ölheizungen nur einen Anteil von 35 %, wobei der Energieträger Öl aber 51 % der Energienachfrage ausmacht. 2 % der Gebäude haben sowohl eine Gasheizung als auch eine Nachtspeicherheizung.

Ein Blick auf den durchschnittlichen Verbrauch der einzelnen Heizungsarten (vgl. Tabelle 64) zeigt, dass Gasheizungen im Vergleich zu Ölheizungen weniger Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr verbrauchen. Nachtspeicherheizungen schneiden im Vergleich noch besser ab. Allerdings ist hier zu bedenken, dass es aufgrund der geringen Anzahl, genau wie bei der Kombination von Nachtspeicher- und Gasheizung, zu einer starken Verzerrung durch Gebäude kommen kann, die einen sehr geringen Verbrauch haben. Zum Beispiel könnten dies Gebäude sein, die entweder gut gedämmt oder als Niedrigenergie-/Passivhaus gebaut wurden, aber noch eine Nachtspeicherheizung zur Unterstützung der Raumwärme nutzen. Außerdem ist es möglich, dass Mess- oder Übertragungsfehler für die geringen Werte verantwortlich sind.

**Tabelle 64: Endenergieverbrauch nach Heizungsarten in Vohwinkel 2010**

	Gasheizung	Ölheizung	Nachtspeicher- heizung	Nachtspeicher- & Gasheizung
Endenergieverbrauch	115 (kWh/m <sup>2</sup> *a)	199 (kWh/m <sup>2</sup> *a)	73 (kWh/m <sup>2</sup> *a)	57 (kWh/m <sup>2</sup> *a)
Witterungsbereinigter Endenergieverbrauch	103 (kWh/m <sup>2</sup> *a)	178 (kWh/m <sup>2</sup> *a)	66 (kWh/m <sup>2</sup> *a)	51 (kWh/m <sup>2</sup> *a)

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung nach Daten der WSW 2011

Der Wärmeatlas der WSW weist neben den genannten Energieträgern keine weiteren wie z.B. Kohle oder erneuerbare Energien (Holzpellets, Solarthermie etc.) aus. Nach Aussagen der WSW betrug dieser Anteil in Vohwinkel im Jahr 2010 vermutlich nicht mehr als ein Prozent.

Entscheidende Faktoren für die Entwicklung des Energieverbrauchs und die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 sind die lokale Neubaurate, die Abriss- und die Sanierungsrate. Abriss- und Sanierungsrate lassen sich aus dem Wärmeatlas für Vohwinkel nicht ableiten. Aber da das Baujahr der einzelnen Gebäude bis 2008 angegeben ist, kann für die vergangenen Jahre eine Neubaurate errechnet werden. Zwischen 1999 und 2008 lag die durchschnittliche Neubaurate, gemessen als Zuwachs an m<sup>2</sup> pro Jahr im Verhältnis zur Bestandsfläche bei 0,4 %. Für das Jahr 2010 wird daher auch eine Neubaurate von 0,4 % angenommen.

## Anlage 11: Datenbereinigung Wärmeatlas Wuppertaler Stadtwerke für die Daten aus Vohwinkel

### **Zusammenfassung und Anpassung der Werte an Szenarioanforderungen**

Da die Gesamtfläche der gemischt genutzten Gebäude (GGG) aus Wohnfläche und Nutzfläche besteht und der Verbrauch sich auf die Gesamtfläche bezieht, wird bei diesen 65 Gebäuden der Verbrauch für die Wohnfläche annäherungsweise bestimmt. Dieser Schritt ist notwendig, da in den Szenarien die Raumwärmenachfrage der privaten Haushalte weiter untersucht wird. Da der Verbrauch an Wärme zwischen Wohnfläche und Nutzfläche je nach Art der Nutzfläche erheblich variieren kann, wird der Wohnflächenverbrauch bei den GGG nicht anteilig aus dem Gesamtverbrauch der Gebäude berechnet. Stattdessen werden durchschnittliche Verbrauchswerte für die jeweilige Heizungsart aus dem EZFH-Bereich hinzugezogen.

Laut Angaben der WSW wird in Vohwinkel Wärmeservice ausschließlich in Form von Gas angeboten und genutzt. Daher wurden die Daten, bei denen sowohl Gasverbrauch als auch Wärmeservice angegeben sind, zum Gasverbrauch addiert. Dies ist bei 36 Daten der Fall. Bei acht Daten ist nur ein Wärmeserviceverbrauch angegeben. Auch bei diesen wird der Wert in die Spalte des Gasverbrauchs übertragen. Diese Zahlen sind orange eingefärbt.

Bei 126 Daten werden die Gebäude sowohl mit Strom für Nachtstromspeicherheizungen als auch mit Gas zur Deckung ihres Wärmebedarfs versorgt. Bei 306 Daten werden die Gebäude ausschließlich mit Nachtstrom zur Wärmeversorgung beliefert.

Da es sich bei den Daten der WSW um einen Wärmeatlas handelt, der im Energieverbrauch sowohl Energie für Raumwärme als auch für Warmwasser beinhaltet, ist es notwendig, den Anteil, der für die Raumwärme verwendet wird, auszurechnen. Auf Grundlage von KRICHNER et al. (vgl. 2009) werden die prozentualen Anteile für Raumwärme und Warmwasser den drei Heizungsarten (Gas, Öl, Strom (keine WP)) zugeordnet und für jeden Datensatz ausgerechnet. Im Folgenden wird ausschließlich mit den Verbrauchswerten für Raumwärme weitergerechnet.

### **Witterungsbereinigung**

Darüber hinaus ist es für die Verwendung der Daten in Szenarien von Vorteil, den Einfluss der Witterung auf das Heizen im Jahr 2010 zu eliminieren. Daher wurden für die Szenarien witterungsbereinigte Daten ausgerechnet und verwendet. Im Vergleich zum langjährigen Mittel in Düsseldorf (nächste Wetterstation für Vohwinkel) waren die Temperaturen in der Heizperiode 2010 für Vohwinkel etwas niedriger, weshalb die Daten durch den Faktor 1,12 dividiert wurden. 2010 waren die Temperaturen also etwas kälter als der langjährige Durchschnitt in Vohwinkel bzw. Düsseldorf (vgl. IWU 2016).

### **Anpassung der Haushalte**

Während die Zahl der Einwohner im Jahr 2010 nach den Daten der WSW (30.794) um 0,6 % geringer ist als nach den Daten der Stadt Wuppertal (30.969), liegen die Zahlen der Haushalte (HH) bei der WSW (14.660) um 1,8 % höher als die der Stadt Wuppertal (14.408). Ein Blick in die Haushaltsdaten der WSW zeigt, dass bei 128 Daten die Anzahl der HH größer ist als die Anzahl der Bewohner im Haus. Da dies nicht möglich ist, wurde bei diesen Daten die Zahl der HH gleich der Zahl der Bewohner gesetzt. So verringert sich die Zahl der HH bei den WSW Daten auf 14.282 und liegt damit um weniger als ein Prozent niedriger als die Daten der Stadt. Bei 10 Daten ist die Zahl der Bewohner größer als 12 und die Wohnfläche größer als 500 m<sup>2</sup>, obwohl nur ein HH angegeben ist. Da dieser Wert sehr unwahrscheinlich scheint, wurde für diese Daten eine Haushaltsanzahl von drei angenommen. So erhöht sich die Haushaltszahl insgesamt auf 14.302. Die Annahmen scheinen plausibel, da nun sowohl bei den HH als auch bei den Einwohnern die Daten der WSW um weniger als ein Prozent niedriger liegen als die Daten der Stadt Wuppertal.

### **Definition der Haustypen**

Die Daten der WSW unterscheiden bei den Wohnhäusern nicht nach Häuserarten, sondern haben nur Zielwerttypen definiert. Diese werden ausschließlich von den Quadratmetern hergeleitet. Häuser kleiner als 300 m<sup>2</sup> werden als Einfamilienhäuser (EFH) definiert, Häuser zwischen 300 und 499 m<sup>2</sup> sind Mehrfamilienhäuser (MFH) und Häuser größer als 500 m<sup>2</sup> zählen als große Mehrfamilienhäuser (GFH). Für eine differenzierte räumliche Untersuchung ist die Häuserart aber von Interesse. Daher wird die Unterscheidung von MFH (<499 m<sup>2</sup>) und GFH (>500) von den WSW übernommen. Als dritte Kategorie werden Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) eingeführt. Dabei handelt es sich um Häuser mit einem oder zwei Haushalten, deren Wohnfläche kleiner als 300 m<sup>2</sup> ist. MFH sind Häuser, die größer als 300 m<sup>2</sup> sind, auch wenn zum Zeitpunkt der Erhebung nur ein oder zwei Haushalte dort gemeldet waren. Dies ist plausibel, da bei MFH in Vohwinkel durchaus Leerstand vorherrscht und somit Wohneinheiten leer gestanden haben können. Da keine Angaben über die Anzahl der vorhandenen Wohneinheiten pro Haus gemacht werden, ist die Unterscheidung zwischen EZFH und MFH schwierig zu lösen. Da die Angaben der Stadt zur Zahl der EZFH und der Mehrfamilienhäuser in etwa mit den so definierten Häuserarten der WSW übereinstimmen, werden die so getroffenen Definitionen aufrechterhalten. Insgesamt liegt die Zahl der Wohnhäuser (5.175) nach Daten der Stadt lediglich um 123 Häuser geringer als die WSW (5.298) angibt, was eine Abweichung von zwei Prozent bedeutet. Als vierte Kategorie werden gemischt genutzte Gebäude (GGG) angeführt. Das sind die Gebäude, die nicht als Wohngebäude (gewerbliche und öffentliche Nichtwohngebäude) definiert worden sind, aber Wohnfläche und Einwohner aufweisen (z.B. Wohnungen in Schulen). In diese Kategorie fallen lediglich 65 Gebäude.

### **Ermittlung der Leerstandsquote bei Wohneinheiten**

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Umgang mit Leerstand. Besonders der Leerstand an Wohneinheiten (WE) ist von Interesse, da für die Szenarien im Energiesuffizienzbereich die beheizte und bewohnte Wohnfläche entscheidend ist. Stehen beispielsweise in einem MFH ein oder zwei WE leer und ist nur die Zahl der 2010 gemeldeten Haushalte, Personen und Energieverbrauch angegeben, wird die Wohnfläche pro Person und pro Haushalt überschätzt, der Verbrauch pro m<sup>2</sup> unterschätzt. Eine Wohnungsleerstandsanalyse der Stadt Wuppertal aus dem Jahr 2007 ist zum einen relativ alt, da sie nur eine Momentaufnahme abbildet, zum anderen werden darin nur leer stehende Wohnungen in Gebäuden mit vier Mietwohnungen und mehr analysiert (Stadt Wuppertal 2007). MFH mit drei WE sowie alle EZFH zur Miete genauso wie Eigentumswohnungen und –häuser werden nicht aufgeführt. Daher wird eine Alternative zur Wohnungsleerstandsanalyse gewählt, um die Anzahl der leer stehenden WE abzuschätzen. Nach Angaben der Gebäudedatei der Stadt Wuppertal aus dem Jahr 2008 befanden sich in EZFH 4.488 WE in ganz Vohwinkel. Die Datenanalyse der WSW Daten zeigt, dass 2010 4.450 Haushalte in EZFH gemeldet waren. Dementsprechend stehen 38 WE leer, was einer Leerstandsquote von 0,8 Prozent entspricht. Dabei kann es sich beispielsweise um nicht vermietete Einliegerwohnungen handeln oder um kurzzeitig leer stehende Häuser aufgrund von Eigentümerwechsel und Umzügen. Dies deckt sich mit den Einschätzungen der Akteure, die angeben, dass es im EZFH-Bereich noch kein Leerstandsproblem in Vohwinkel gibt, ganz im Gegensatz zu den MFH (vgl. GP 4). Diese Einschätzung wird durch den Vergleich der Angaben zu den WE in MFH der Stadt mit den Haushalten in MFH nach WSW Angaben gestützt. Laut der Stadt Wuppertal befanden sich 2008 in MFH 11.595 WE. 2010 waren nach WSW Daten 9.730 Haushalte in MFH gemeldet. Dies würde eine Leerstandsquote von 16,1 % oder 1.865 leer stehende WE bedeuten. Auch wenn die große Mehrheit der Akteure von teilweise erheblichen Problemen mit Leerstand besonders in bestimmten Quartieren ausgeht, scheint die Leerstandsquote von 16,1 % zu hoch zu sein. Ein Grund könnte darin liegen, dass die Daten der WSW nicht vollständig waren und Datenlücken durch Durchschnittsdaten aufgefüllt wurden, die in den Einzelfällen dann zu gering ausfielen. Werden die Angaben zu den Haushalten in MFH in Vohwinkel der Stadt Wuppertal (vgl. 2012c) für das Jahr 2011 hinzugezogen (9.781 HH), ergibt sich eine Leerstandsquote von 15,6 %.

In einer weiteren Quelle wird der Wohnungsbestand in MFH in Vohwinkel mit 10.859 angegeben (SPD Wuppertal: 2011). Mit den Angaben zu den Haushalten laut der Stadt Wuppertal bedeutet dies eine Leerstandsquote von 9,9 %. Mit den Daten der WSW gerechnet, beträgt die Leerstandsquote 10,4 %. Somit ist davon auszugehen, dass der tatsächliche Leerstand an Wohneinheiten in einer Spannweite von 9,9 % und 16,1 % liegen wird. Für die Berechnung der beheizten Wohnfläche wird mit den Daten der WSW eine moderate Leerstandsquote von 10,4 % der WE angenommen.

Da in den Statistiken nur zwischen EZFH und MFH unterschieden wird, gibt es keine Angaben zu den Unterschieden zwischen MFH und GFH. Daher wird in den Szenarien bei beiden Häuserarten eine Leerstandsquote von 10 % der Wohneinheiten angenommen.

Angaben zum Leerstand in gemischt genutzten Gebäuden (GGG) werden in keiner Quelle gemacht. Daher wird wie bei den EZFH von einer Leerstandsquote von 0,8 % der WE ausgegangen. Das entspricht aufgrund der geringen Fallzahl einem Gesamtleerstand in Vohwinkel von nur 0,5 WE. Daher wird angenommen, dass in GGG alle WE bewohnt und beheizt werden.

### **Ausgleich von Extremwerten (nicht plausiblen Werten) durch Durchschnittswerte**

Eine Analyse der verbrauchten Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Jahr ( $\text{kWh}(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ) an Nutzenergie lässt vermuten, dass es Messfehler und/oder Zuordnungsfehler bei den Daten sowohl am unteren als auch am oberen Ende der Verbrauchsskala gibt. Ein anderer Grund für die extrem niedrigen und extrem hohen Werte könnten fehlende Informationen bezüglich anderer, zusätzlicher Heizungsarten sein, die nicht von den WSW erhoben wurden. Beispielsweise gibt es keine Angaben zu Holzpelletheizungen, Solarthermie, Flüssiggas oder Geothermienutzung in Vohwinkel. Nach Schätzungen der WSW machen erneuerbare Energien aber nur rund 1 % am Gesamtverbrauch aus. Der Anteil des Flüssiggases liegt bei ca. 2 % (vgl. Hamann 2012). Diese Heizungsarten könnten also nur zu einem geringen Anteil den niedrigen Verbrauch an Gas oder Strom für Nachtspeicherheizungen erklären. In diesen Fällen würden Gas und Strom nur noch als zusätzliche Energiequellen genutzt werden. Ein dritter Grund könnte darin liegen, dass in den Gebäuden mit besonders niedrigem Verbrauch pro Quadratmeter hoher Leerstand herrscht. Gerade bei Mehrfamilienhäusern könnte dies der Fall sein. Die Daten geben keine Auskunft über die tatsächlich bewohnte und beheizte Fläche. Wenn der Leerstand groß ist und die unbeheizte Fläche mit eingerechnet wird, führt das zu niedrigen Verbrauchswerten pro Quadratmeter Gesamtfläche. Die teilweise enorm hohen Verbrauchswerte können in Einzelfällen nach Angaben der WSW darin begründet sein, dass mehrere Mehrfamilienhäuser über einen Gasanschluss in einem Haus abgerechnet werden.

Da die Datenanalyse für die Szenarien auf Verkehrsbezirksebene stattfindet und Extremwerte die Auswertung stark beeinflussen können, werden die Extremwerte durch durchschnittliche Verbrauchswerte der jeweiligen Heizungsart aus den plausibel scheinenden Daten ersetzt. Bei den geringen Messwerten wurde eine Grenze bei  $15 \text{ kWh}(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  (Nutzenergie) gesetzt, da aufgrund der Aussagen in den Akteursinterviews nicht davon auszugehen ist, dass es 723 Häuser nahe dem Bedarf von Passivhäusern in Vohwinkel im Jahr 2010 gab. 543 dieser Häuser sind EZFH und GGG, bei denen von sehr geringen Leerstandsquoten (<1 Prozent) auszugehen ist. Da mögliche Leerstände

in MFH und GFH die geringen Verbrauchswerte bedingen, werden die Verbrauchswerte dieser Häuserarten nicht ersetzt.

Insgesamt ist zu beachten, dass es sich bei den Daten der WSW um Verbrauchsdaten handelt, die durch die oben angegebenen Umrechnungen in witterungsbereinigte Nutzenergiewerte für den Raumwärmebereich umgeformt wurden. Bei der Definition des Passivhausstandards werden Bedarfswerte zugrunde gelegt (Heizwärmebedarf). Da verschiedene Studien zu dem Ergebnis kommen, dass der tatsächliche Verbrauch in Passivhäusern über dem theoretischen Bedarf liegt (vgl. Kapitel 2.5.3), erscheinen 15 kWh(m<sup>2</sup>\*a) als Grenze zu den wahrscheinlichen Messfehlern bei EZFH und GGG plausibel.

Am oberen Ende wurden alle Gebäude (43 Daten) mit einem Verbrauch von über 899 kWh(m<sup>2</sup>\*a) herausgefiltert, der Verbrauch pro m<sup>2</sup> mit Durchschnittswerten ersetzt und der gesamten Wohnfläche multipliziert. Bei den fünf Häusern, die sowohl mit Gas als auch mit Nachtstrom versorgt werden, wurde der Gesamtverbrauch aus dem Durchschnittswert der übrigen Gebäude mit dieser Versorgungskombination und den m<sup>2</sup> errechnet. Um die Verbrauchswerte auf die beiden Energieträger aufzuteilen, wurden sie nach den zuvor angegebenen Anteilen an Gas und Strom aufgeteilt.

### Reduzierung der Daten

- Entfernen aller gewerblichen und öffentlichen Nichtwohngebäude und mehrere Gebäude ohne Einwohner, Haushalte (HH) und Wohnfläche. Anzahl der Daten: 258
- Entfernen aller Daten, die keine Definition des Haustyps, keine Einwohner und HH, keine Wohnfläche und keinen Verbrauch haben. Anzahl der Daten: 135
- Entfernen aller Daten, die keine Einwohner und HH, keine Wohnfläche und keinen Verbrauch haben, aber der Haustyp definiert ist. Anzahl der Daten: 22
- Entfernen aller Daten, die keine Einwohner und HH, keine Wohnfläche und keinen Haustyp haben, aber Verbrauch haben. Anzahl der Daten: 15
- Entfernung aller Daten, die keinen Haustyp definiert haben, keine Wohnfläche und keinen Verbrauch, aber Einwohner und Haushalte besitzen. Anzahl der Daten: 62
- Entfernen aller Daten, die keine Wohnfläche/Nutzfläche (NF) und keine Einwohner und HH haben, aber Haustyp und Verbrauch: Anzahl der Daten: 7
- Entfernen aller Daten, die keine Wohnfläche/NF und keinen Verbrauch haben, nicht als Wohngebäude definiert wurden, aber Einwohnerangaben enthalten. Anzahl der Daten: 26
- Entfernen aller Daten, die keinen Verbrauch, keine Einwohner und keine Verkehrszelle haben. Anzahl der Daten: 1

### **Ergänzung der lückenhaften Daten**

Gebäudeart: Wohnhäuser, wenn Haushalte oder Einwohner angegeben sind

Bei 11 der 758 lückenhaften Daten ist die Anzahl der Haushalte (HH) angegeben, aber keine Einwohnerzahl. Daher wurde aus der durchschnittlichen Einwohnerzahl pro HH und der Angabe zur Anzahl der Haushalte im jeweiligen Haus die Anzahl der Einwohner errechnet.

Bei 7 der lückenhaften Daten ist zwar die Anzahl der Einwohner angegeben, aber nicht die Zahl der HH. Daher wird die Zahl der Einwohner durch die durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro HH geteilt und so die Zahl der HH abgeschätzt. Ist nur ein Einwohner gemeldet, wird ein HH angesetzt.

Gebäude, die als EFH\_HTyp gekennzeichnet sind und keine Angabe zur Wohnfläche haben, werden mit der durchschnittlichen Wohnfläche von Einfamilienhäusern ( $143\text{m}^2$ ) aus den lückenlosen Daten ergänzt. Es handelt sich um 120 Häuser.

Gebäude die als MFH\_HTyp gekennzeichnet sind und keine Angaben zur Wohnfläche haben, werden mit der durchschnittlichen Wohnfläche von Einfamilienhäusern ( $382\text{m}^2$ ) aus den lückenlosen Daten ergänzt. Es handelt sich um 66 Häuser.

Gebäude, die als GFH\_HTyp gekennzeichnet sind und keine Angaben zur Wohnfläche haben, werden mit der durchschnittlichen Wohnfläche von großen Mehrfamilienhäusern ( $911\text{m}^2$ ) aus den lückenlosen Daten ergänzt. Es handelt sich um 7 Gebäude.

Gebäude, die Einwohner und Haushalte aufweisen, aber keine Wohnfläche oder Nutzfläche, werden als Wohngebäude klassifiziert. Bei einer Anzahl von mehr als 2 Haushalten werden sie als MFH eingestuft (13 Gebäude). Im Durchschnitt leben 10 Haushalte in einem GFH (lückenlose Daten). Daher werden Gebäude mit mehr als 9 Haushalte als GFH eingestuft (1 Gebäude). Anschließend werden den Gebäuden die durchschnittlichen Quadratmeter je Gebäudeart zugeschrieben. 37 Gebäude werden als EFH definiert.

Bei 84 EFH sind zwar Wohnfläche und Verbrauch angegeben, aber keine Einwohner und Haushalte. Da nicht davon auszugehen ist, dass alle Häuser leer stehen (dafür ist der Verbrauch zu hoch), wird die durchschnittliche Haushaltszahl (1,7 HH pro EFH) und Einwohnerzahl der EFH aus den lückenlosen Daten errechnet und für die fehlenden Angaben eingesetzt.

Bei vier MFH sind zwar Wohnfläche und Verbrauch angegeben, aber keine Einwohner und Haushalte. Da aufgrund des recht hohen Verbrauchs pro  $\text{m}^2/\text{a}$  nicht davon auszugehen ist, dass die Häuser leer stehen, wird die durchschnittliche Haushaltszahl und Einwohnerzahl der MFG aus den lückenlosen Daten errechnet und für die fehlenden Angaben eingesetzt.

Bei 222 Daten wurden kein Quartier und keine Verkehrszelle zugeordnet. Die meisten Daten konnten eindeutig einem Quartier auf Grundlage der lückenlosen Daten zugeordnet werden. Auch war in vielen Fällen die Verkehrszelle eindeutig. War eine eindeutige Zuordnung zu einem Quartier oder einer Verkehrszelle nicht möglich, wurde



das Gebäude dem Quartier/Zelle zugeordnet, bei denen es die meisten Zuweisungen gab.

Bei 19 Daten, die nicht als Wohnhäuser deklariert wurden und keine Wohnfläche, aber Nutzfläche haben, sind Einwohner und Haushalte angegeben. Da es sich bei diesen Gebäuden um gemischt genutzte Gebäude handeln kann, werden sie als solche definiert. Da keine Wohnfläche angegeben ist, wird die Wohnfläche aus den durchschnittlichen Wohnfläche der gemischt genutzten Gebäude pro Haushalt ( $80\text{m}^2$ ) der lückenlosen Daten errechnet und mit der Anzahl der angegebenen Haushalte multipliziert. Um die gesamte Fläche des Gebäudes zu berechnen, werden Nutzfläche und Wohnfläche addiert.

Bei 16 Daten, die nicht als Wohnhäuser definiert sind und keine Wohnfläche haben, sind zudem auch keine Werte für Nutzfläche angegeben. Eine erste Annäherung an die Gesamtfläche wurde aus dem durchschnittlichen Verbrauch der GGG ohne Lücken ( $151\text{ kWh}(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ) und dem angegebenen Verbrauch errechnet. Dann wurde die Wohnfläche pro HH in gemischt genutzten Gebäuden ( $80\text{m}^2$ ) mit den angegebenen Haushalten multipliziert. Dieser Wert wurde von der Gesamtfläche abgezogen. Der Restwert ergibt die Nutzfläche. In 8 Fällen wäre die Nutzfläche negativ, da der sehr geringe Verbrauch zu einer sehr kleinen Gesamtfläche führt, sodass die Nutzfläche auf null gesetzt wird. Es wird angenommen, dass wenn sich tatsächlich eine Wohnung im gemischt genutzten Gebäude befindet, sich der Verbrauch vollständig auf die Beheizung der Wohnung bezieht und die Nutzfläche nicht beheizt wird. Die Gesamtfläche wird also mit der Wohnfläche gleich gesetzt.

Bei 234 Daten, die als Wohnhaus definiert und für die sowohl Einwohner als auch Haushalte angegeben sind, wurde die Wohnfläche und der Verbrauch mit den jeweiligen Durchschnittswerten der lückenlosen Daten nach Definition der Gebäudeart (EFH, MFH, GFH) und auf Basis der Haushaltsgröße ergänzt. Bei 232 der Daten bietet die Angabe des Kehrbezirks einen Hinweis darauf, dass die Gebäude mit Öl beheizt werden, da bei den lückenlosen Daten nur dort der Kehrbezirk angegeben wird, wo mit Öl geheizt wird. Daher wird das auch für die fehlenden Werte angenommen. Bei den anderen zwei Gebäuden wird angenommen, dass sie mit Gas beheizt werden, da die Wahrscheinlichkeit aufgrund der Heizungsarten in Vohwinkel viel höher ist, als dass sie mit Nachtstromspeicherheizungen ausgestattet sind.

Bei 15 Daten waren mehrere Gebäude (2-4) angegeben (Wohngebäude und gewerblich oder landwirtschaftlich genutzte Gebäude). Waren sowohl Wohnfläche als auch Nutzfläche angegeben, wurde angenommen, dass es sich bei der Wohnfläche um Wohngebäude und bei der Nutzfläche um Nichtwohngebäude handelt. Im Folgenden werden die Nutzfläche, der errechnete Verbrauchswert und die Gebäudeanzahl größer als 1 gelöscht, so dass in diesen Fällen von einem reinen Wohngebäude ausgegangen wird. Der Verbrauch wird durch Multiplikation der Wohnfläche mit dem durchschnittlichen Verbrauch pro  $\text{m}^2$  von Wohngebäuden berechnet.

## Anlage 12: Annahmen zur Entwicklung zentraler Parameter im alltäglichen Personenverkehr in Vohwinkel bis zum Jahr 2050

Annahmen zur Entwicklung des Energiebedarfs pro Personenkilometer (Pkm) und der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Pkm unterteilt nach Verkehrsmitteln werden für das Jahr 2030 vom komplexen und sehr ausdifferenzierten TREMOD übernommen, das angibt, einen moderaten Entwicklungspfad der Effizienz und erneuerbaren Energien abzubilden. Für das Jahr 2050 werden die Werte fortgeschrieben.

**Tabelle 65: Megajoule und CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personenkilometer nach verschiedenen Verkehrsmitteln in den Jahren 2010, 2030 und 2050**

	Motorrad	Pkw/Taxi	(Linien)Bus	Schienen- nahverkehr	Stadtbahn (Schwebe- bahn)	
2010	1,4	s. Tabelle 66	1,1	1,3	1,1	MJ/Pkm
	97,0	s. Tabelle 67	76,8	74,2	17	CO <sub>2</sub> g/Pkm
2030	1,3	s. Tabelle 66	0,8	0,6	0,6	MJ/Pkm
	95,3	s. Tabelle 67	56,3	26,1	17	CO <sub>2</sub> g/Pkm
2050	1,3	s. Tabelle 66	0,6	0,2	0,2	MJ/Pkm
	91,3	s. Tabelle 67	32,9	17,0	17	CO <sub>2</sub> g/Pkm

Quelle: eigene Darstellung nach Daten von UBA 2016d für die Jahre 2010 & 2030 (gerundete Werte); außer CO<sub>2</sub> g/Pkm für die Schwebebahn: WSW 2012 nach Waluga 2017; für 2050 eigene Berechnung lineare Extrapolation; CO<sub>2</sub> Emissionen Schwebebahn werden konstant gehalten, da hier das Potenzial der CO<sub>2</sub>-Einsparung als gering eingeschätzt wird vgl. Aussagen der WSW nach Waluga 2017

Für den Bereich Pkw/Taxi wird eine Differenzierung nach Antriebsarten vorgenommen, da die Diskussionen um die weitere Entwicklung der Antriebsarten aus heutiger Sicht besonders interessant erscheinen (vgl. Tabelle 66).

**Tabelle 66: Effizienzentwicklung bei Pkw 2010-2050 angegeben in MJ pro Pkm (Flottendurchschnitt)**

	2010	2030	2050
Batterieelektrischer Antrieb	-	0,9	0,3
Erdgasantrieb	2,3	1,8	1,5
Autogasantrieb (Flüssiggas)	2,1	2,0	1,8
Hybridfahrzeug Benzin/Erdgas	2,1	2,0	-
Hybridfahrzeug Diesel/Elektro	-	1,4	1,1
Hybridfahrzeug Benzin/Elektro	1,8	1,3	1,1
Hybridfahrzeug Erdgas/Elektro	-	1,4	-
Dieselantrieb	2,0	1,6	1,3
Benzinantrieb	2,1	1,6	1,1
Plug in Hybrid Electric Vehicle mit Diesel	-	1,1	0,6
Plug in Hybrid Electric Vehicle mit Benzin	-	1,1	0,7
Brennstoffzellenantrieb	-	-	0,9

Quelle: eigene Darstellung; Datenquellen: TREMOD: UBA 2016d für 2010 & 2030; 2050 eigene Berechnung nach Daten von Hacker et al. 2014: 81 und Kirchner et al. 2009: 95

Die Differenzierung nach Antriebsarten der Pkw zeigt in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Pkm, dass die Fahrzeuge mit Elektroantrieb die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen (vgl. Tabelle 67).

**Tabelle 67: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Antriebsart bei Pkw pro Pkm**

	2010	2030	2050
Batterieelektrischer Antrieb	-	32,0	22,8
Erdgasantrieb	132,1	97,0	61,9
Autogasantrieb	139,3	129,4	119,5
Hybridfahrzeug Benzin/Erdgas	118,3	113,0	-
Hybridfahrzeug Diesel/Elektro	-	88,5	42,4
Hybridfahrzeug Benzin/Elektro	126,0	90,5	54,9
Hybridfahrzeug Erdgas/Elektro	-	79,4	-
Dieselantrieb	137,7	115,4	93,2
Benzinantrieb	145,1	110,2	75,3
Plug in Hybrid Electric Vehicle mit Diesel	-	55,8	28,9
Plug in Hybrid Electric Vehicle mit Benzin	-	62,2	35,3
Brennstoffzellenantrieb	-	-	35,7

Quelle: eigene Darstellung gerundete Werte; Datenquellen: UBA 2016d für 2010 und 2030, für 2050: eigene Berechnung lineare Extrapolation; für Brennstoffzellenantrieb nach Joest 2009: 49, batterieelektrischer Antrieb: eigene Annahme

In Tabelle 68 sind Annahmen zu den prozentualen Anteilen der einzelnen Antriebsarten bei Pkw an der Gesamtfahrleistung in den Jahren 2010, 2030 und 2050 zu sehen.

**Tabelle 68: Prozentuale Anteile der Antriebsarten bei Pkw an der Gesamtfahrleistung in den Jahren 2010, 2030 und 2050**

	2010	2030	2050
Batterieelektrischer Antrieb (%)	-	3,6	12,3
Erdgasantrieb (%)	0,2	0,3	4,2
Autogasantrieb (%)	1,4	1,5	4,0
Hybridfahrzeug Benzin/Erdgas (%)	0,1	0,02	-
Hybridfahrzeug Diesel/Elektro (%)	-	13,1	15,0
Hybridfahrzeug Benzin/Elektro (%)	0,1	4,0	6,7
Hybridfahrzeug Erdgas/Elektro (%)	-	0,02	-
Dieselantrieb (%)	40,5	36,7	27,6
Benzinantrieb (%)	57,8	34,4	16,3
Plug in Hybrid Electric Vehicle mit Diesel (%)	-	2,0	4,0
Plug in Hybrid Electric Vehicle mit Benzin (%)	-	4,2	8,5
Brennstoffzellenantrieb (%)	-	-	1,4

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung nach Daten TREMOD: UBA 2016d für 2010 und 2030; 2050: eigene Berechnung lineare Extrapolation und teilweise eigene Annahmen nach Kirchner et al. 2009: 95

Da die Daten der Verkehrsbefragung Vohwinkel lediglich eine Unterscheidung nach den Verkehrsmitteln öffentlicher Verkehr und motorisierter Individualverkehr zulassen, wurde für die weitere Unterteilung innerhalb der beiden Kategorien die Aufteilung von Wuppertal zugrunde gelegt und anteilig auf Vohwinkel übertragen (vgl. Tabelle 69). Für die Jahre 2010, 2030 und 2050 wird die Aufteilung konstant gehalten, weil Maßnahmen zur Verlagerung innerhalb des motorisierten Verkehrs nicht im Erkenntnisinteresse der Untersuchung stehen.

**Tabelle 69: Anteile der Verkehrsmittel am motorisierten Verkehrsaufwand der Vohwinkeler Bevölkerung**

Motorisierte Verkehrsmittel	Anteile am motorisierten Verkehrsaufwand (%)
Pkw (Selbst- und Mitfahrer)	66,1
Motorisiertes Zweirad	0,7
Bus	10,0
Schwebebahn	4,1
Bahn	19,0
Taxi	0,1

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Anteil am Modal Split nach Verkehrsaufwand in Vohwinkel errechnet aus Hoppe/Woschei 2012: 24 und Verkehrsbefragung Stadt Wuppertal 2011c

## Anlage 13: Annahmen zur Entwicklung zentraler Parameter im Raumwärmebereich privater Haushalte in Vohwinkel bis zum Jahr 2050

Die Entwicklung des Energiemixes in Vohwinkel für Raumwärme privater Haushalte ist in Tabelle 70 dargestellt.

**Tabelle 70: Annahmen zum Energiemix Raumwärme in den Jahren 2010, 2030 und 2050 für Vohwinkel**

Energiemix Vohwinkel (Raumwärme) in %	2010	2030	2050
Gas	45	45	36
Öl	50	32	26
Strom (Stromspeicherheizungen)	5	3	2
Strom für WP	-	3	7
oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme	-	6	14
Holz	-	7	8
Solarthermie	-	4	7

Quelle: für Werte 2010: eigene Berechnung nach Auswertung des Wärmeatlas WSW 2011; Werte für 2030 und 2050 Ableitung von Hamann 2014: 209 sowie Expertengespräch Hanke 2016

Den Werten zur Entwicklung des Nutzenergieverbrauchs (vgl. Tabelle 71) liegt die Annahme zugrunde, dass verschiedene Faktoren neben den Verbesserungen der Gebäudehülle den zukünftigen Energieverbrauch beeinflussen. Welche das sind wurde in Kapitel 0 dargelegt.

**Tabelle 71: Abgeschätzter Heizwärmeverbrauch in kWh(m<sup>2</sup>\*a) 2010, 2030 und 2050**

	2010	2030	2050
Heizwärmeverbrauch (Nutzenergie) kWh(m <sup>2</sup> *a) unsaniert	105	97	89
Heizwärmeverbrauch (Nutzenergie) kWh(m <sup>2</sup> *a) vollsaniert zwischen 2010-2030	-	75	69
Heizwärmeverbrauch (Nutzenergie) kWh(m <sup>2</sup> *a) vollsaniert zwischen 2030-2050	-	-	58
Heizwärmeverbrauch (Nutzenergie) kWh(m <sup>2</sup> *a) Neubau zwischen 2010-2030	-	28	26
Heizwärmeverbrauch (Nutzenergie) kWh(m <sup>2</sup> *a) Neubau zwischen 2030-2050	-	-	17

Quelle: für 2010: eigene Berechnung WSW 2011 Wärmeatlas; 2030 und 2050 eigene Berechnung nach Daten von Schlesinger et al. 2014: 144 und 148

Der Jahresnutzungsgrad von Heizungsanlagen drückt deren energetische Qualität aus und stellt über das Jahr gemittelt den Gesamtwirkungsgrad der Anlage dar. Die Annahmen zur zukünftigen Entwicklung sind in

Tabelle 72 angegeben. Die Nutzenergie dividiert durch den mittleren Jahresnutzungsgrad ergibt die Endenergienachfrage.

**Tabelle 72: Mittlerer Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlagen nach Energieträgern für 2030 und 2050**

Heizungsart	2030	2050
Gas (Zentral)	98 %	96 %
Öl (Zentral)	96 %	98 %
Strom	98 %	98 %
Strom für Wärmepumpen	378 %	429 %
oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme	258 %	318 %
Holz	85 %	85 %
Solarthermie	93 %	93 %

Quelle: Gas, Öl, Strom für Wärmepumpen, Holz und Solarthermie: Schlesinger et al. 2014: 149, Strom und oberflächennahe Geothermie/Umweltwärme: Wuppertal Institut 2015. Alle Zahlen sind inkl. Speicher- und Verteilverluste

Um aus der Endenergie unterteilt nach Energieträgern die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu bestimmen, werden die Werte mit Life-Cycle-Assessment (LCA)-Faktoren multipliziert. Somit wird die Vorkette der Energiebereitstellung, die so genannten «graue Emissionen» (Anlagenherstellung, Betrieb, Rückbau, Vorkette von Brennstoffen), ebenfalls eingerechnet (vgl. Tabelle 73).

**Tabelle 73: LCA-Faktoren für die Jahre 2010, 2030 und 2050 in g/kWh CO<sub>2</sub>**

Energieträger	2010	2030	2050
Erdgas	228	228	228
Heizöl	320	320	320
Strom	555	277	56
Umweltwärme	-	164	164
Holz	-	24	24
Solarthermie	-	25	25

Quelle: Erdgas, Heizöl, Umweltwärme, Holz, Solarthermie: Ecospeed EcoRegion 2014; Strom: BMU 2009

## Anlage 14: Transition-to-Sufficiency-Szenario: Quantifizierung der Maßnahmen(bündel) für den alltäglichen Personenverkehr

**Tabelle 74: TTS-Szenario für den alltäglichen Personenverkehr: quantifizierte Maßnahmen(bündel)**

Maßnahmen(bündel)	Einsparpotenzial 2011 - 2030		Einsparpotenzial 2030 - 2050	
	Wegelänge	Wegezahl	Wegelänge	Wegezahl
Multifunktionsläden in Quartieren; dezentrale Abholstationen für Bestellungen über das Internet	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	Keine Wertung
Vermeidung und ggf. Rückbau von Einkaufszentren am Rand	2,1 % bis 4 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %
E-commerce und E-banking	Keine Wertung	0,1 % bis 2 %	Keine Wertung	Keine Wertung
Kitas, Kindergärten und Schulen dezentral erhalten (Kinder/Jugendliche)	2,1 % bis 4 %	0,1 % bis 2 %	2,1 % bis 4 %	Keine Wertung
Kitas, Kindergärten und Schulen dezentral erhalten (Begleitpersonen)	2,1 % bis 4 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	Keine Wertung
Freie Kindergarten- und Grundschulwahl (wieder) einschränken (Kinder)	2,1 % bis 4 %	0,1 % bis 2 %	2,1 % bis 4 %	Keine Wertung
Freie Kindergarten- und Grundschulwahl (wieder) einschränken (Begleitpersonen)	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	Keine Wertung
Home office	0,1 % bis 2 %	2,1 % bis 4 %	Keine Wertung	2,1 % bis 4 %
Vereine fördern und bürgerschaftliches Engagement unterstützen = lokale Bindung erhöhen	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %
Brachflächen als Park oder Urban Gardening und Hitzeausgleichsflächen nutzen; Aufenthaltsqualität in Quartieren erhöhen	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %
Förderung von Wegeketten durch strategische Standortplanung	2,1 % bis 4 %	2,1 % bis 4 %	Keine Wertung	Keine Wertung
Monostrukturierte Wohngebiete vermeiden/ Dienstleistungsbetriebe und nicht störendes Gewerbe in Wohngebieten ansiedeln; Angebot an Wohnraum in gemischt genutzten Gebieten fördern	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	0,1 % bis 2 %	2,1 % bis 4 %

Maßnahmen(bündel)	Einsparpotenzial 2011 - 2030		Einsparpotenzial 2030 - 2050	
	Wegelänge	Wegezahl	Wegelänge	Wegezahl
Wohnflächenmoratorium	2,1 % bis 4 %	2,1 % bis 4 %	0,1 % bis 2 %	2,1 % bis 4 %
Abriss von leerstehenden Bauten am Rand und ggf. in den zentralen Gebieten zur Grünflächenbildung; Verfolgung des Leitbildes "Schrumpfung vom Rand/Kontraktion"	0,1 % bis 2 %	Keine Wertung	0,1 % bis 2 %	Keine Wertung
Raumwiderstand erhöhen	Keine Wertung	2,1 % bis 4 %	Keine Wertung	2,1 % bis 4 %
Parkraumbewirtschaftung	Keine Wertung	Keine Wertung	2,1 % bis 4 %	2,1 % bis 4 %
Öffentlichen Personenverkehr stärken	Keine Wertung	Keine Wertung	2,1 % bis 4 %	2,1 % bis 4 %

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage der Auswertung der Delphi-Befragung der Verkehrsexperten



## Anlage 15: Transition-to-Sufficiency-Szenario: Quantifizierung der Strategien im Bereich Raumwärme privater Haushalte

**Tabelle 75: TTS-Szenario für Raumwärme privater Haushalte: quantifizierte Strategien**

Indikator	Strategie	Einsparpotenzial 2011-2030	Einsparpotenzial 2030 - 2050
Durchschnittliche beheizte Wohnfläche pro Person	Alten-WGs und Mehrgenerationenwohnen	Keine Wertung	Keine Wertung
	Umzug bei Verkleinerung der HH Größe oder anderer gravierender Lebensumstände	Keine Wertung	Keine Wertung
	Abtrennen von nicht beheizten Räumen im Winter	1,1 % bis 2 %	1,1 % bis 2 %
	Flexible Wohnformen	1,1 % bis 2 %	1,1 % bis 2 %
	Aufteilen von großen Häusern	1,1 % bis 2 %	1,1 % bis 2 %
	Kleinere WE bei Neubauten	2,1 % bis 3 %	2,1 % bis 3 %
	Einrichtung von Gemeinschaftsräumen in MFH	1,1 % bis 2 %	1,1 % bis 2 %
	Wohnflächenmoratorium	Keine Wertung	3,1 % bis 4 %
Durchschnittliche Raumtemperatur	Tag und Nacht-Unterschiede in den Räumen	Keine Wertung	Keine Wertung
	nutzungsspezifische Raumtemperaturwahl (Wohnzimmer; Schlafzimmer, Küche etc.)	Keine Wertung	Keine Wertung
	bewusste Senkung durch Umdenken	3,1 % bis 4 %	3,1 % bis 4 %
	Stoßlüften (wenn dadurch geringere Temperatur gewählt wird)	2,1 % bis 3 %	2,1 % bis 4 %

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage der Auswertung der Delphi-Befragung der Raumwärmeexperten

## Anlage 16: Auswertung der Datenerhebung zu Maßnahmen der Energiesuffizienzförderung im alltäglichen Personenverkehr

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsbereich	Indikator (+)	Wirkungsrichtung		Größenordnung		Priorität	Räumliche Wirkung
		Wege-zweck	mit motor. VM	bis 2030	2030-2050	bis 2030	2030-2050	in Bezug auf Umsetzung	Umsetzungsebene
				Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Zahl der Nennungen	Nennung in den Akteursgesprächen
Sicherung der Nahrungsumversorgung	Multifunktionsläden in Quartieren; dezentrale Abholstationen für Bestellungen über das Internet	Einkaufen/pers. Erledigungen	Ø Wegelänge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		Quartiersbezogen: Osterholz, Tesche, Westring (GP 1,3,5,9,12), schwer, aber wünschenswert (GP 8), Zentrum für alte Leute interessant (GP 11), Engelhöhe und Dasnöckel keine Anstrengungen mehr (GP 13), Internetbestellung stadtbezirksweit fördern (GP15)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	Keine Quantifizierung		
	Vermeidung und ggf. Rückbau von Einkaufszentren am Rand	Einkaufen/pers. Erledigungen	Ø Wegelänge	**	**	2,1-4 %	2,1-4 %		Verkehrszellenbezogen: alle Randzellen von Vohwinkel, die an eine andere Stadt grenzen (GP 12)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		
	E-commerce und E-banking	Einkaufen/pers. Erledigungen	Ø Wegelänge	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung	1	Im gesamten Stadtbezirk: Einkaufen mit Verbindung zu Abholstationen und Effizienzsteigerungen im Güterverkehr (GP15)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	Keine Quantifizierung		
	Kitas, Kindergärten und Schulen dezentral erhalten	Schule/Ausbildung	Ø Wegelänge	**	**	2,1-4 %	2,1-4 %		Quartiersbezogen: (GP 10,12,11,15)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	Keine Quantifizierung		
	Kitas, Kindergärten und Schulen dezentral erhalten	Bringen/Holen	Ø Wegelänge	**	**	2,1-4 %	0,1-2 %		Im gesamten Stadtbezirk
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	Keine Quantifizierung		

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsbereich	Indikator (+)	Wirkungsrichtung		Größenordnung		Priorität	Räumliche Wirkung
		Wege-zweck	mit motor. VM	bis 2030	2030-2050	bis 2030	2030-2050	in Bezug auf Umsetzung	Umsetzungsebene
				Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Zahl der Nennungen	Nennung in den Akteursgesprächen
	Freie Kindergarten- und Grundschulwahl (wieder) einschränken	Schule/ Ausbildung	Ø Wegelänge	*	*	2,1-4 %	2,1-4 %		Im gesamten Stadtbezirk, aber quartiersbezogene Zuordnung soweit sinnvoll (GP 3,10,12)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	Keine Quantifizierung		
		Bringen/ Holen	Ø Wegelänge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	Keine Quantifizierung		
Nutzungs-mischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Home office	Arbeiten	Ø Wegelänge	*	*	0,1-2 %	Keine Quantifizierung	1	Im gesamten Stadtgebiet: (GP 3)
			Ø Wegezahl pro Pers.	**	**	2,1-4 %	2,1-4 %		
	Vereine fördern (Chöre, Sportvereine etc.) und bürgerschaftliches Engagement unterstützen= lokale Bindung erhöhen; Mehrgenerationentreffs/ Jugendtreffs; Sportstätten erhalten (z.B. Sporthallen, Fußballplatz, Tennisplatz,Dirkbike Strecke)	Freizeit	Ø Wegelänge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		Im gesamten Stadtbezirk: Besonders in den Problemvierteln: Engelshöhe, Ehrenhainstr., Erkratherstr., Lienhardtplatz, Bahnhofplatz, (GP 8), auf Freiflächen (GP 8)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		
	Brachflächen als Park oder Urban Gardening und Hitzeausgleichsflächen nutzen; Aufenthaltsqualität in Quartieren erhöhen	Freizeit	Ø Wegelänge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		Quartiersspezifisch (GP 3,4,7)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		
	Förderung von Wegeketten durch strategische Standortplanung (z.B. Versorgungsläden an lokalen Verkehrsknotenpunkten wie Bahnhöfen;	Rückwege/ Wege nach Hause	Ø Wegelänge	**	**	2,1-4 %	Keine Quantifizierung	1	Standortspezifisch (GP 12,13)
			Ø Wegezahl pro	**	**	2,1-4 %	Keine Quantifizierung		

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsbereich	Indikator (+)	Wirkungsrichtung		Größenordnung		Priorität	Räumliche Wirkung
		Wege-zweck	mit motor. VM	bis 2030	2030-2050	bis 2030	2030-2050	in Bezug auf Umsetzung	Umsetzungsebene
				Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Zahl der Nennungen	Nennung in den Akteursgesprächen
	Schulzentren in der Nähe zu Freizeiteinrichtungen)		Pers.						
	Monostrukturier- te Wohngebiete vermeiden/ Dienstleistungs- betriebe und nicht störendes Gewerbe in Wohngebieten ansiedeln; Angebot an Wohn- raum in ge- mischt genutz- ten Gebieten fördern	alle Wege- zwecke	Ø Wege- länge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %	2	Verkehrszel- len und quar- tiersspezifisch: Talachse (GP 3), in Wohn- gebieten nur Dienstleistung (GP 5), in Wohngebieten wünschens- wert (GP 8), Tesche gut, Mischung kann leicht erhöht werden (GP 1,9), Zentrum als Kristallisati- onspunkt für Dienstleistung und Wohnen (GP 2,13)
			Ø Wege- zahl pro Pers.						
				*	*	0,1-2 %	2,1-4 %		
Kompakte bauliche Strukturen	Restriktiv: Wohnflächen- moratorium	alle Wege- zwecke	Ø Wege- länge	**	**	2,1-4 %	2,1-4 %	5	Einführung auf Stadt oder Landesebene: Auflagen vom Land (GP 9,10,12)
			Ø Wege- zahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	2,1-4 %		
	Abriss von leer- stehenden Bau- ten am Rand und ggf. in den zentralen Gebie- ten zur Grünflä- chenbildung; Verfolgung des Leitbildes "Schrumpfung vom Rand/ Kon- traktion"	alle Wege- zwecke	Ø Wege- länge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		Auf Einzelob- jektebene oder ver- kehrszellen- spezifisch: (GP 3,4,7,8,11,12, 14)
			Ø Wege- zahl pro Pers.	*	*	Keine Quantifi- zierung	Keine Quantifi- zierung		
	Unterstützend: Umzugsma- nagement zur Förderung der Ansiedlung der Bevölkerung in zentralen Gebie- ten mit stabil zu haltender Dichte	alle Wege- zwecke	Ø Wege- länge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		Im gesamten Stadtbezirk: (GP 6,7,8,9,13,14) Zuzug ins Zentrum er- wünscht (GP 8), besonders für ältere Menschen (GP 9,10)
			Ø Wege- zahl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsbereich	Indikator (+)	Wirkungsrichtung		Größenordnung		Priorität	Räumliche Wirkung
		Wege-zweck	mit motor. VM	bis 2030	2030-2050	bis 2030	2030-2050	in Bezug auf Umsetzung	Umsetzungsebene
				Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Zahl der Nennungen	Nennung in den Akteursgesprächen
Gegebenheiten für nicht-motorisierten Verkehr verbessern, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Fußverkehr: Verbesserte Fußwegequalität (. breitere Bürgersteige, mehr Brücken über Bahnlinien, bürgerschaftliches Engagement bei der "Verschönerung" bestimmter Gehwege)	alle Wegezwecke	Ø We- gelänge	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %	1	Im gesamten Stadtbezirk an bestimmten Straßen(abschnitten): (GP 2,7,13) Kaiserstraße autofrei (GP 5), Nordbahntrasse und Innenstadt von Vohwinkel als Schwerpunkte (GP 1,8,9), Brucherstiege verbessern (GP 10),
			Ø We- gezähl pro Pers.	*	*	0,1-2 %	0,1-2 %		
	Radverkehr: Ausbau der Radwege; flexibles Fahrradverleihsystem; mehr Fahrradparkplätze	alle Wegezwecke	Ø We- gelänge	*	**	2,1-4 %	2,1-4 %	4	Im gesamten Stadtbezirk: Nordbahntrasse und Korkenziehertrasse durch Vohwinkel verbinden, mehr und breitere Fahrradwege (GP 2,5,10,13,15)
			Ø We- gezähl pro Pers.	**	**	2,1-4 %	2,1-4 %		
Gegebenheiten für motorisierten Verkehr erschweren, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Raumwiderstand erhöhen z.B. durch flächendeckende Tempo 30 Zone, Verkehrsberuhigte Bereiche, Fußgängerzonen, Verengung der Fahrbahn z.B. im Kreuzungsbereich	alle Wegezwecke	Ø We- gelänge	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung	4	Im gesamten Stadtgebiet (ausgenommen Autobahnen): wo noch nicht vorhanden, einführen (GP 7) ein einheitliches Verkehrskonzept von der Stadt sinnvoll (GP 8)
			Ø We- gezähl pro Pers.	*	*	2,1-4 %	2,1-4 %		
	Parkraumbewirtschaftung (weniger Parkplätze, Parkgebühren für private Pkw auf öffentlichen Flächen, Quartiersparkplätze)	alle Wegezwecke	Ø We- gelänge	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung	2	Im gesamten Stadtbezirk, besonders in den zentral gelegenen Quartieren: mit den Einnahmen können weitere Maßnahmen finanziert werden (GP 6)
			Ø We- gezähl pro Pers.	*	*	2,1-4 %	2,1-4 %		

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsbereich	Indikator (+)	Wirkungsrichtung		Größenordnung		Priorität	Räumliche Wirkung
		Wege-zweck	mit motor. VM	bis 2030	2030-2050	bis 2030	2030-2050	in Bezug auf Umsetzung	Umsetzungsebene
				Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Zahl der Nennungen	Nennung in den Akteursgesprächen
Beratungsangebote verbessern/ Umdenken und Verhaltensänderung fördern	Aufklärungsarbeit bei Kindern und Jugendlichen; Mobilitätsberatungsangebote für Bürger und Neubürger; Sensibilisierung über Vereine; Energiesparwettbewerbe mit verkehrssparender Komponente; Für Suffizienzmaßnahmen als alten- und kindergerechte Stadtteile werben; Autofreie Sonntage	alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung		Im gesamten Stadtbezirk: (GP 1,2,3,5,7,8,13) über das Bürgerbüro (GP 7), Bekanntmachung wichtig (GP 9), Seniorenfreundliches Leitbild wichtig (GP 10)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung		
	Förderung von Wegekettendurch Informationsangebote an Schulen und Sensibilisierung über Beratung	alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung		Im gesamten Stadtbezirk: (GP 1,2,7,8,9,13)
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung		
Rahmenbedingungen für Wahlfreiheit der Mobilität erhalten (Alternativen zum Autokauf)	Förderung von car sharing	alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung		Im gesamten Stadtbezirk: GP 10
			Ø Wegezahl pro Pers.	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung		
	ÖPNV stärken (kürzere Taktzeiten, Nachtbusse, Anrufsammeltaxen)	alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	*	*	Keine Quantifizierung	Keine Quantifizierung	4	Im gesamten Stadtbezirk: (GP 2,8,9,13,15)
			Ø Wegezahl pro Pers.	**	**	2,1-4 %	2,1-4 %		

(+) mit motorisierten Verkehrsmitteln

Quelle: eigene Darstellung

## Anlage 17: Auswertung der Datenerhebung zu Strategien zur Energiesuffizienzförderung Raumwärme privater Haushalte

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsrichtung		Größenordnung		Priorität	Räumliche Wirkung
		bis 2030	2030-2050	bis 2030	2030 - 2050	in Bezug auf Umsetzung:	Umsetzungsebene
		Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Anzahl der Nennungen	Nennung in den Akteursgesprächen
Alten-WGs und Mehr- generationenwohnen	Informations- kampagnen- und veranstal- tungen; Um- bau und Neu- bau; Modell- projekte; Er- fahrungsaus- tausch	**	**	Keine Quantifi- zierung		2	Quartiersspe- zifisch: mög- lichst im Tal und zent- rumsnah (GP 4,5,10)
Umzug bei Verkleine- rung der HH Größe oder anderer gravie- render Lebensumstän- de	Informations- kampagnen; Umzugsma- nagement & Wohnungs- tauschbörsen	**	***	Keine Quantifi- zierung		3	Im gesamten Stadtbezirk: in Langerfeld bereits erfolg- reich (GP 12)
Abtrennen von nicht beheizten Räumen im Winter	bauliche Ver- änderungen, bauphysikali- sche Maß- nahmen	*	*	1,1 bis 2 %	1,1 bis 2 %	1	Auf Einzelob- jektebene: in großen Wohnungen und Häusern (GP 4)
Flexible Wohnformen	Architektoni- sche Maß- nahmen bei der Planung von Neubauten und ggf. Um- bauten	**	**	1,1 bis 2 %	1,1 bis 2 %	1	Auf Einzelob- jektebene: In Tesche angedacht (GP 12), bei Neubauten , EZFH (GP 1,3,6,8,9,10)
Aufteilen von großen Häusern	Architektoni- sche Maß- nahmen beim Umbau	**	**	1,1 bis 2 %	1,1 bis 2 %	1	Auf Einzelob- jektebene & quartiersspe- zifisch EZFH, Osterholz, Westring, Lüntenbeck, (GP 8,9)
Kleinere WE bei Neu- bauten	Planung und bauliche Realis- ierung von Neubauten	***	***	2,1 bis 3 %	2,1 bis 3 %	2	Auf Einzelob- jektebene: bei Neubauten EZFH (GP 5,8)

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsrichtung		Größenordnung		Priorität	Räumliche Wirkung
		bis 2030	2030-2050	bis 2030	2030 - 2050	in Bezug auf Umsetzung:	Umsetzungsebene
		Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Quantitativ (Mittelwert)	Anzahl der Nennungen	Nennung in den Akteursgesprächen
Einrichtung von Gemeinschaftsräumen in MFH	bauliche Veränderungen, Informationskampagnen	**	**	1,1 bis 2 %	1,1 bis 2 %	1	Auf Einzelobjektebene: wünschenswert (GP 8,10), betreutes Wohnen (GP 3,6), bei Genossenschaftswohnungen (GP 5), Gründerzeitquartiere (GP 4)
Wohnflächenmoratorium	Gesetzliche Regelungen	***	***	Keine Quantifizierung	3,1 bis 4 %	5	Einführung auf Stadt oder Landesebene: Auflagen vom Land (GP 9,10,12)
Tag und Nacht-Unterschiede in den Räumen	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe; technische Regelungen	**	***	Keine Quantifizierung		1	Im gesamten Stadtbezirk: in den HH (GP 11,13)
Nutzungsspezifische Raumtemperaturwahl (Wohnzimmer; Schlafzimmer, Küche etc.)	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe	***	***	Keine Quantifizierung		3	Im gesamten Stadtbezirk: Umdenken erforderlich (GP 11,13)
Bewusste Senkung durch Umdenken	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe	***	***	3,1 bis 4 %	3,1 bis 4 %	3	Im gesamten Stadtbezirk: Medienkampagnen (GP 7) Wärmeempfinden unterschiedlich (GP 13)
Stoßlüften (wenn dadurch geringere Temperatur gewählt wird)	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe/ thermochromatische Produkte	**	**	2,1 bis 3 %	2,1 bis 3 %	3	Im gesamten Stadtbezirk

Quelle: eigene Darstellung



## Anlage 18: Personenverkehr: Kurzsteckbriefe der Maßnahmen

Strategie	Maßnahmen(bündel)	Kurzbeschreibung der Strategie
Sicherung der Nahraumversorgung	Multifunktionsläden in Quartieren; dezentrale Abholstationen für Bestellungen über das Internet	Um die Sicherung der Nahraumversorgung im Bereich Einkaufen/Besorgungen trotz Bevölkerungsrückgang aufrecht zu erhalten bzw. zu verbessern, werden verschiedene Maßnahmen umgesetzt. Zu den unterstützenden Maßnahmen gehören die Einrichtung von Multifunktionsläden (Einkaufen/Bank und Postdienste) in Quartieren und dezentrale Abholstationen für Bestellungen über das Internet. Diese Maßnahmen zielen in erster Linie darauf ab, dass die durchschnittlichen Wegelängen für diesen Wegezweck verkürzt werden. Durch das nähräumliche Angebot wird außerdem erreicht, dass kurze Strecken nicht mit dem MV sondern zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden (Modal Shift). Die Strategie wird auf Quartiersebene im gesamten Stadtgebiet umgesetzt. Im Idealfall beträgt der Weg von der Wohnung zu den Nahraumversorgungseinrichtungen nicht mehr als 500 Meter.
Sicherung der Nahraumversorgung	Vermeidung von Einkaufszentren am Rand	Darüber hinaus besteht aus stadtplanerischer Sicht die Möglichkeit zur konsequenten Umsetzung der Strategie, große Einkaufszentren am Stadtrand nicht zu genehmigen, da dieses die Kundschaft aus den Quartieren abzieht und hauptsächlich das Einkaufen mit dem PKW fördert. Durch diese Maßnahme soll zum einen die Wegelänge der weiterhin mit motorisierten Verkehrsmitteln verringert werden, zum anderen die Wegezahl pro Person zu Fuß oder mit dem Rad erhöht werden.
Sicherung der Nahraumversorgung	E-commerce und E-banking	Eine weitere Möglichkeit, die Nahraumversorgung sicherzustellen, besteht im weiteren Ausbau, der Förderung (Sicherstellung von schnellem Internet, lokale Verteildienste der Waren) und der Nutzung von <i>E-Commerce</i> und <i>E-Banking</i> . Sowohl Güter des täglichen Bedarfs als auch periodischen Bedarfs (Elektronik, Bücher, Möbel) haben großes Potenzial vermehrt über das Internet bestellt zu werden, was die Anzahl der Wege im Wegezweck Einkaufen und pers. Erledigungen verringert.
Sicherung der Nahraumversorgung	Kitas, Kindergärten und Schulen dezentral erhalten	Für die Sicherung der Nahraumversorgung im Wegezweck Schule/Ausbildung liegt es zum einen im Einflussbereich der Stadt (Verwaltung und Rat) Kitas, Kindergärten und Schulen auch bei Rückgang der Kinderzahlen kleinräumlich zu erhalten und auf Schulschließungen so lange es möglich ist, zu verzichten. Die Reduktionspotenziale betreffen darüber hinaus auch noch den Wegezweck Bringen und Holen, da Eltern ihre Kinder gerade bei langen Wegestrecken zur Schule begleiten

Strategie	Maßnahmen(bündel)	Kurzbeschreibung der Strategie
		und wieder abholen. Bei beiden Wegezwecken besteht sowohl die Möglichkeit, dass Wegelängen mit motorisierten Verkehrsmitteln verkürzt werden, als auch, dass die Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln verringert wird, da kurze Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden.
Sicherung der Nahraumversorgung	Freie Kindergarten- und Grundschulwahl (wieder) einschränken	Eine Maßnahme, die auf Landesebene angesiedelt ist (hier: NRW) und damit aus gesetzlicher Sicht nicht in die kommunale Betrachtung mit einfließt, ist es, die freie Schulwahl (wieder) einzuschränken und Schulbezirke zumindest im Grundschulbereich wieder einzuführen. Doch trotz freier Schulwahl besteht auch die Möglichkeit von Seiten der Schule, Einfluss auf die Einzugsgebiete der Schüler und Schülerinnen zu nehmen. Wenn mehr Anmeldungen als freie Plätze vorhanden sind, müssen die Schulen Antragsteller ablehnen. Bei der Wahl der Ablehnungen könnte der Wohnstandort der Bewerber als ein Kriterium herangezogen werden. Dadurch, dass wohnstandortnah das Angebot an Betreuungs- und Bildungseinrichtungen erhalten bleibt und im Grundschulbereich diese auch gewählt werden (müssen), werden die zuletzt immer weiter gestiegenen Wegelängen im Bereich Schule/Ausbildung verkürzt. Zudem besteht bei kürzeren Wegen die Möglichkeit, dass die Kinder nicht auf Bringdienste der Eltern mit dem Auto angewiesen sind, sondern selbstständig zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurücklegen (modal shift). Somit hat die Maßnahme auch Auswirkungen auf die durchschnittliche Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln und die Wegezahl der Bring- und Holdienste.
Nutzungsmischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Home office	Beim Wegezweck Arbeiten besteht durch die Ermöglichung und Nutzung von <i>home office</i> das Potenzial, die Anzahl der Wege zu verringern. Die räumliche Umsetzung und Ausdifferenzierung ist wiederum der ganze Stadtteil und die Wirkung der Maßnahme ist auf Umsetzung im ganzen Einzugsgebiet von Arbeitsstandorten angewiesen. Würden nur Unternehmen der Stadt vermehrt <i>home office</i> ermöglichen, würde der Nutzen bei auswärtigen Arbeitnehmern größer sein, als bei den Bürgern der betrachteten Stadt. Anders herum arbeiten viele Bewohner der Stadt in den umliegenden Städten und Gemeinden.
Nutzungsmischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Vereine fördern (Chöre, Sportvereine etc.) und bürgerschaftliches Engagement unterstützen= lokale Bindung erhöhen; Mehrgenerationentreffs/ Jugend-	Im Bereich von Freizeitwegen bestehen vielfältige Möglichkeiten, Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich zu schaffen und Nutzungsmischungen (Wohnen/Freizeit) zu fördern. So besteht durch die Erhaltung und Einrichtung zivilgesellschaftlich organisierter Treffen

Strategie	Maßnahmen(bündel)	Kurzbeschreibung der Strategie
	treffs; Sportstätten erhalten (z.B. Sporthallen, Fußballplatz, Tennisplatz, Dirtbike-Strecke)	(Mehrgenerationentreffs/ Jugendtreffs, kirchliche Angebote) aber auch Sportstätten (z.B. Sporthallen, Fußballplatz, Tennisplatz, Dirtbike-Strecke) die Chance, Wege im Freizeitbereich zu verkürzen. Durch die Unterstützung und Aufrechterhaltung lokaler Vereine (Chöre, Sportvereine etc.) und bürgerschaftlichen Engagements wird die lokale Bindung der Einwohner erhöht und Alternativen zu langen Freizeitwegen in der Region geschaffen. Auch dieses Maßnahmenbündel hat wieder einen möglichen Effekt der Wegelängenverkürzung mit motorisierten Verkehrsmitteln sowie der Reduzierung der Wegezahl, die pro Person mit motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt werden.
Nutzungsmischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Brachflächen als Park oder Urban Gardening und Hitzeausgleichsflächen nutzen; Aufenthaltsqualität in Quartieren erhöhen (Treffpunkte und Spielplätze schaffen)	Eine weitere Verbesserung nahräumlicher Aktivitäten besteht in der Förderung informeller/privater Treffen an öffentlichen Orten. So werden Brachflächen als Park oder Urban Gardening und Hitzeausgleichsflächen umgenutzt, wodurch die Wege zur Erholung ins Grüne verkürzt werden und die Aufenthaltsqualität in den Quartieren verbessert. Darüber hinaus lässt sich nahräumliche Aufenthaltsqualität durch Treffpunkte (Sitzbänke etc.) und Spielplätze erhöhen. Auch hier besteht das theoretische Potenzial, sowohl motorisierte Wege zu verkürzen, als auch die kürzeren Wege zu Fuß oder mit dem Rad zurückzulegen, was den Freizeitwert erhöhen kann.
Nutzungsmischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Förderung von Wegekettens durch strategische Standortplanung (z.B. Versorgungsläden an lokalen Verkehrsknotenpunkten wie Bahnhöfen; Schulzentren in räumlicher Nähe zu Freizeiteinrichtungen)	Durch die Förderung von Wegekettens aufgrund von strategischer Standortplanung erscheint es möglich, energiesuffizientes Verhalten im Personenverkehr zu fördern, da Rückwege vermieden werden. Als Beispiel der strategischen Standortplanung ist zu nennen, die Ansiedlung von Läden und Dienstleistungsbetrieben (Lebensmittelläden, Drogerien, Poststationen etc.) an lokalen Verkehrsknotenpunkten wie (Bus-)Bahnhöfen, Park& Ride-Parkplätzen. Ein weiteres Beispiel ist die Planung von Freizeiteinrichtung wie Jugendtreffs oder Sportstätten in kurzer Distanz zu Schulen.
Nutzungsmischung erhalten und Aktivitätsgelegenheiten nahräumlich schaffen	Monostrukturierte Wohngebiete vermeiden/ Dienstleistungsbetriebe und nicht störendes Gewerbe in Wohngebieten ansiedeln; Angebot an Wohnraum in gemischt genutzten Gebieten fördern	Um Nutzungsmischung in Gebieten zu erhalten oder zu fördern, ist es wichtig, eine funktionale Trennung der Räume zu vermeiden. Dazu werden Maßnahmen durchgeführt, die monostrukturierte Wohngebiete bei der Planung und Weiterentwicklung entgegenwirken, wie die Ansiedlung von Dienstleistungsbetrieben und nicht störendes Gewerbe in Wohngebieten und die Förderung von Angeboten an Wohnraum in gemischt genutzten Gebieten. Da der Wohnstandort mit diesem Maßnah-

Strategie	Maßnahmen(bündel)	Kurzbeschreibung der Strategie
		menbündel adressiert wird und die meisten Wege am Wohnstandort beginnen oder enden, hat diese Strategie auf alle Wegezwecke Einfluss und kann bei geeigneter Wohnstandortwahl die durchschnittliche Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln verkürzen. Außerdem kann es zum Modal Shift hin zum Rad- und Fußverkehr kommen, wenn die Distanzen zu den Zielorten geringer werden.
Kompakte bauliche Strukturen	Restriktiv: Wohnflächenmoratorium d.h. keine Siedlungsflächenausweitung (besonders an den Rändern)	Diese Maßnahme beinhaltet, dass keine Siedlungsflächenausweitung besonders nicht an den Rändern, geschieht. In diesem Fall wird auf städtischer Ebene geregelt, dass nur noch Wohnfläche neu geschaffen werden darf, wenn an anderer Stelle abgerissen wird. Es kommt bei stagnierender und abnehmender Bevölkerung nicht mehr zu einer Zunahme der Wohnfläche. Durch den Erhalt kompakter baulicher Strukturen wird der Zunahme der durchschnittlichen Wegelänge mit motorisierten Verkehrsmitteln entgegengewirkt. Außerdem besteht durch die Möglichkeit zum Modal Shift das Potenzial zur Verringerung der Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln.
Kompakte bauliche Strukturen	Abriß leerstehender Bauten am Rand und ggf. in den zentralen Gebieten zur Grünflächenbildung; Verfolgung des Leitbildes "Schrumpfung vom Rand/Kontraktion"	Um die Strategie "kompakte bauliche Strukturen" auch in Zeiten von dauerhaftem Bevölkerungsrückgang zu erhalten, wird die Umsetzung des städtebaulichen Leitbildes "Schrumpfung vom Rand/Kontraktion" verfolgt. Dabei kommt es zum Abriß von leerstehenden Bauten am Siedlungsrand und ggf. in zentralen Gebieten zur Grünflächenbildung. Ziel ist wiederum die Verkürzung der durchschnittlichen Wegelängen besonders mit motorisierten Verkehrsmitteln, sowie die Förderung des Modal Shifts hin zum Fuß- und Radverkehr im Bereich aller Wegezwecke.
Kompakte bauliche Strukturen	Unterstützend: Umzugsmanagement zur Förderung der Ansiedlung der Bevölkerung in zentralen Gebieten mit stabil zu haltender Dichte	Im Bereich von "Ermöglichung" kompakter baulicher Strukturen ist eine unterstützende Maßnahme auf kommunaler Ebene die stadtweite Einführung eines Umzugsmanagements (Hilfe bei der Suche neuer Wohnungen und Unterstützung beim tatsächlichen Umzug). Ein umfassendes Umzugsmanagement mit Wohnungstauschbörse fördert die Ansiedlung der Bevölkerung in zentralen Gebieten mit stabil zu haltender Dichte. Durch diese Maßnahmen ist wieder die Standortwahl der Bewohner angesprochen und hat Auswirkungen auf alle Wegezwecke. Auch hier wird die Verkürzung der Wegelängen genau wie die Wegezahl mit motorisierten Verkehrsmitteln angestrebt.
Gegebenheiten für nicht-	Fußverkehr: Verbesserte Fußwegequalität (u.a. breitere Bürgersteige, mehr Brücken über Bahnlinien,	Bei diesem Maßnahmenbündel werden verschiedene Maßnahmen umgesetzt, um die Qualität der Fußwege zu verbessern. Dazu zählen unter anderem die Verbreiterung der

Strategie	Maßnahmen(bündel)	Kurzbeschreibung der Strategie
motorisierten Verkehr verbessern, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	bürgerschaftliches Engagement bei der "Verschönerung" bestimmter Gehwege	Bürgersteige, die Errichtung von Fußgängerbrücken über Bahnlinsen oder Autobahnen etc. sowie die Förderung und Einsatz von bürgerschaftlichem Engagement bei der Aufwertung bestimmter Gehwege (bspw. dunkle Hecken beschneiden, Beleuchtung, Begrünung bestimmter Wege). Diese Maßnahmen betreffen vorrangig die Wege innerhalb der Stadt und können Einfluss auf alle Wegezwecke ausüben. Sie führen dazu, dass die Entscheidung bei der Zielwahl für näher gelegene Ziele getroffen wird, die dann zu Fuß erreicht werden.
Gegebenheiten für nicht-motorisierten Verkehr verbessern, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Radverkehr: Ausbau der Fahrradwege; flexibles Fahrradverleihsystem (ggf. Pedelects); Vermehrung der Fahrradparkplätze	Bei dieser Strategie, die ebenfalls die Gegebenheiten für den nicht-motorisierten Verkehr - in diesem Fall Radverkehr - verbessert, werden Maßnahmen eingeführt, die das Radfahren in der Stadt sicherer und angenehmer gestalten. Zum Ausbau der Radinfrastruktur zählen die Erweiterung des Radwegenetzes; die Verbreiterung der Fahrradwege und die Vermehrung von wetterfesten und diebstahlsicheren Fahrradparkplätzen. Zudem unterstützt ein flexibles Fahrradverleihsystem (ggf. Pedelects) den Umstieg aufs Fahrrad. Auch dieses Maßnahmenbündel hat den Effekt, das Wege vom motorisierten Verkehr auf den nicht-motorisierten verlagert werden (modal shift), was zu einer Verringerung der Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln führt.
Gegebenheiten für motorisierten Verkehr erschweren, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Raumwiderstand erhöhen z.B. durch flächendeckende Tempo 30 Zone, Verkehrsberuhigte Bereiche, Fußgängerzonen, Verengung der Fahrbahn z.B. im Kreuzungsbereich	Die Maßnahmen dieser Strategie verfügen über den klassischen Push-Effekt in der nachhaltigen Verkehrsplanung und werden meist für die Förderung von Umstieg des MIV auf den Umweltverbund angeführt. Sie besitzen aber auch Wirkungsmechanismen, die zur Verkehrsreduzierung mit motorisierten Verkehrsmitteln beitragen und dazu geeignet sind, die Verhaltensüberprüfung und -änderung auszulösen. Indem sie den Raumwiderstand für den motorisierten Verkehr erhöhen, wird die Verkehrsmittel- und (das entsprechende Angebot vorausgesetzt) die Zielwahl dahingehend beeinflusst, kürzere Wegstrecken zu wählen, die dann ggf. zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt werden. Im Rahmen dieser Strategie werden folgende Maßnahmen umgesetzt: flächendeckende Tempo 30 Zone im Stadtgebiet (ausgenommen Autobahnen), Ausweitung von verkehrsberuhigten Bereichen und Fußgängerzonen in Stadtbezirkszentren.
Gegebenheiten für motorisierten Verkehr erschweren,	Parkraumbewirtschaftung (weniger Pkw Parkplätze, Parkgebühren für private Pkw auf öffentlichen Flä-	Durch dieses Maßnahmenbündel aus dem Bereich der Parkraumbewirtschaftung (weniger Pkw Parkplätze, Parkgebühren für private Pkw auf öffentlichen Flächen, Quartierspark-

Strategie	Maßnahmen(bündel)	Kurzbeschreibung der Strategie
damit näher gelegene Ziele gewählt werden	chen, Quartiersparkplätze)	plätze) wird die Nutzung des MIV weniger attraktiv gestaltet. Aufgrund von längeren Wegen hin zu den Parkplätzen und monetäre Belastungen werden bei konstantem Zeitbudget für Mobilität kürzere Wegestrecken und damit näher gelegene Ziele mit dem Auto gewählt. Außerdem kann ein Umstieg auf nicht motorisierte Verkehrsmittel erfolgen.
Beratungsangebote verbessern/ Umdenken und Verhaltensänderung fördern	Aufklärungsarbeit bei Kindern und Jugendlichen; Mobilitätsberatungsangebote für Bürger und Neubürger; Sensibilisierung über Vereine; Energiesparwettbewerbe mit verkehrssparender Komponente; Für Suffizienzmaßnahmen als alten- und kindergerechte Stadtteile werben; Autofreie Sonntage	Die Strategie bezieht sich auf alle Maßnahmen, die durch Beratungsangebote und Kampagnen zum Umdenken und zur Verhaltensänderung der Bevölkerung bei ihrer täglichen Verkehrsnachfrage führen. Sie setzen auf eine bewusste Wahl von nahegelegenen Zielen. Motivation und Ausgangspunkt müssen nicht immer Klimaschutzwirkungen sein. Auch persönliche Vorteile (körperliche Ertüchtigung, Sicherheit, Eigenständigkeit, soziale Kontakte, Kosteneinsparung) könne als Vorteile für Verhaltensänderung hin zu verkehrsreduzierendem Verhalten übermittelt werden. Dabei besteht sowohl die Möglichkeit der zielgruppenspezifischen Ansprache (bspw. Aufklärungsarbeit bei Kindern, Mobilitätsberatungsangebote für Bürger und Neubürger, Sensibilisierung über Vereine oder andere bürgerschaftliche Gruppen) als auch Informationskampagnen und Aktionen, die die gesamte Bürgerschaft adressieren (bspw. Energiesparwettbewerbe mit verkehrssparender Komponente; Werbeaktionen für Energiesuffizienz-Maßnahmen als alten- und kindergerechte Stadtteile, Autofreie Sonntage). Die Ausgestaltung der Maßnahmen richtet sich an alle Wegezwecke und hat sowohl einen Verlagerungs- als auch eine Verringerungseffekt von Wegen und Streckenlängen mit motorisierten Verkehrsmitteln.
Beratungsangebote verbessern/ Umdenken und Verhaltensänderung fördern	Förderung von Wegeketten durch Informationsangebote an Schulen und Sensibilisierung über Beratungsangebote	Bei dieser Maßnahme geht es besonders darum, durch Informationskampagnen und Sensibilisierung über Beratungsangebote die verkehrssparende Wirkung der Wegeketten hervorzuheben. Je mehr Ziele in die Wegekette mit motorisierten Verkehrsmitteln eingebunden werden, desto mehr Wege werden eingespart, da die Rückwege entfallen (Zahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln verringert sich).
Rahmenbedingungen für Wahlfreiheit der Mobilität erhalten (Alternativen zum Auto-kauf)	Förderung von car sharing	Einer der zentralen Gründe für die Nutzung des Autos auch auf wohnungsnahen kurzen und mittleren Strecken ist die Verfügbarkeit eines Autos. Zu bestimmten Zwecken (Transport) oder Gegebenheiten (Regen) wird der Gebrauch eines Autos nicht motorisierten Verkehrsmitteln vorgezogen. Um diese Möglichkeit bei Bedarf weiter aufrecht zu erhalten,

Strategie	Maßnahmen(bündel)	Kurzbeschreibung der Strategie
		kann ein flächendeckende Angebot an Carsharing dazu beitragen, das eigene Auto abzuschaffen/ kein Auto anzuschaffen. Die Kosten werden dabei nach gefahrenen Kilometern berechnet. Ohne eigenes Auto wird bewusster gewählt, welche Wegestrecke noch mit dem Carsharing Auto zurückgelegt wird (Wegezähl) und welche Ziele angesteuert werden (Wegelänge).
Rahmenbedingungen für Wahlfreiheit der Mobilität erhalten (Alternativen zum Autokauf)	ÖPNV stärken (kürzere Taktzeiten, Nachtbusse, Anrufsammeltaxen)	Auch das Vorhandensein eines guten öffentlichen Personenverkehrs trägt dazu bei, ohne eigenes Auto die Wahlfreiheit der Ziele (z.B. bestimmter Gemüsehändler/ Friseur/Arzt des Vertrauens) aufrechtzuerhalten. Letztendlich kann ein Quartier, das Flexibilität bei der Verkehrsmittelwahl gewährleistet, auch die Wohnstandortwahl beeinflussen. Menschen ohne privaten PKW legen in der Regel kürzere Strecken mit motorisierten Verkehrsmitteln zurück, weshalb die Strategie zur Reduzierung der Wegelängen über alle Wegezwecke hinweg führt. Außerdem gehen sie häufiger zu Fuß oder fahren mit dem Rad.

Quelle: eigene Darstellung

## Anlage 19: Raumwärme: Kurzsteckbriefe der Strategien

Strategie	Kurzbeschreibung der Strategie
Alten-WGs und Mehrgenerationenwohnen	Diese Strategie umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen verschiedener Akteure. Zur vermehrten Umsetzung und Förderung von Alten-WGs und Mehrgenerationenwohnen werden sowohl zielgruppenspezifische Informationskampagnen und -veranstaltungen durchgeführt, als auch die baulichen Voraussetzungen (Umbau/ Neubau) geschaffen. Darüber hinaus werden erste Modellprojekte gefördert und der Erfahrungsaustausch ermöglicht.
Umzug bei Verkleinerung der HH Größe oder anderer gravierender Lebensumstände	Vorausgesetzt genügend Alternativen stehen zur Verfügung, beinhaltet diese Strategie verschiedene beratungs- und bewusstseinsbildende Maßnahmen zur Förderung von Umzügen besonders im Falle einer Verkleinerung der Haushaltsgröße. Neben Informations- und Bewusstseinsbildungsmaßnahmen werden Umzugsmanagement (Suche nach neuen, kleineren Wohnungen, organisatorische Hilfe beim Umzug) und Wohnungstauschbörsen gefördert.
Abtrennen von nicht beheizten Räumen im Winter	Werden im Winter einzelne Zimmer nicht (mehr) beheizt, kommt es unter einer Temperatur von weniger als 15° Celsius oftmals zu Schimmelbildung, wenn nicht ausreichend gelüftet wird. Um die Lüftung zu ermöglichen und gleichzeitig Kältebrücken zu verhindern, werden bauphysikalische Maßnahmen durchgeführt, die die Wände und Türen abdichten. Somit ist es möglich, die beheizte Wohnfläche während der Heizperiode zu verkleinern.
Flexible Wohnformen	Bei der Planung von Neubauten und ggf. bei größeren Umbauten werden Möglichkeiten zur flexiblen Aufteilung der Wohnungen im Grundriss mit berücksichtigt. Außerdem werden die Anschlüsse und Leitungen so gelegt, dass die Größe und Aufteilung der Zimmer der Wohnungen mit möglichst geringem Aufwand verändert werden kann und ggf. mehrere Wohneinheiten entstehen bzw. zusammengelegt werden.
Aufteilen von großen Häusern	Diese Strategie umfasst hauptsächlich architektonische Maßnahmen, die die Aufteilung von großen Wohneinheiten in kleinere Wohneinheiten ermöglichen. Besonders im EZFH-Bereich bieten die Maßnahmen das Potenzial, dem durch den demographischen Wandel zu erwartenden Bedarf an kleineren Wohneinheiten nachzukommen.
Kleinere WE bei Neubauten	Bei der Planung von Neubauten werden die durchschnittlichen Quadratmeter der Wohneinheiten (WE) verringert. Diese Strategie besteht sowohl aus der architektonischen Umsetzung als auch Beratungskampagnen bei Bauherren. Der Wunsch nach Verkleinerung muss von den Bauherren aus gehen. Aber auch die Nachfrage nach kleinen WE muss vorhanden sein.
Einrichtung von Gemeinschaftsräumen in MFH	Auch die Strategie "Einrichten von Gemeinschaftsräumen" lässt sich durch verschiedene Maßnahmen unterstützen. Dabei handelt es sich zum einen um bauliche Veränderungen, die die Einrichtung und Umwidmung von Wohnfläche in Gemeinschaftsräume umfasst. Zum anderen wird mit Informationskampagnen für die Vorteile dieser Nutzung von Gemeinschaftsräumen geworben, die dazu führt, dass die individual genutzte beheizte Wohnfläche verringert wird. Gemeinschaftsräume können beispielsweise im Bereich Gästezimmer/Apartments, Werkstätten, Gemeinschaftsräume für Treffen wie Geburtstagsfeiern etc. Waschkeller liegen.



Strategie	Kurzbeschreibung der Strategie
Wohnflächenmoratorium	In diesem Fall wird geregelt, dass nur noch die Wohnfläche neu gebaut werden darf, die abgerissen wird. Es kommt bei stagnierender und abnehmender Bevölkerung nicht mehr zu einer Zunahme der Wohnfläche.
Tag und Nacht-Unterschiede in den Räumen	Um diese Strategie umzusetzen wird eine Vielzahl von weichen Maßnahmen durchgeführt, die auf eine bewusstere Temperaturwahl zu den verschiedenen Tages- und Nachtzeiten abzielt. Informationskampagnen, Bildung oder auch Wettbewerbe unterstützen die Verhaltensänderung. Auch technische Regelungen wie der Einbau von Zeitschaltuhren in der Heizung ermöglichen eine Senkung der Raumtemperatur.
nutzungsspezifische Raumtemperaturwahl (Wohnzimmer; Schlafzimmer, Küche etc.)	Auch diese Strategie zielt auf die Umsetzung weicher Maßnahmen ab (Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe). Durch die hierdurch erreichte Bewusstseinsänderung werden unterschiedliche Temperaturen in unterschiedlich genutzten Räumen gewählt, ohne dass gravierende Komforteinbußen hingenommen werden müssen.
bewusste Senkung durch Umdenken	Durch Maßnahmen wie Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe wird erreicht, dass es zu einer bewussten Senkung aufgrund von Umdenken bei der Raumtemperatur kommt. Oft werden unbewusst oder bewusst aufgrund von Gewohnheiten Temperaturen von über 22 Grad gewählt, obwohl geringere Temperaturen als ausreichend empfunden werden.
Stoßlüften (wenn dadurch geringere Temperatur gewählt wird)	Für die Förderung des Stoßlüftens eignen sich ebenfalls die bereits genannten informatorischen Maßnahmen wie Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe. Außerdem können thermochromatische Produkte anzeigen, wann ein erneutes Stoßlüften nötig ist und so zum verbesserten Lüftungsverhalten beitragen. Eine optimale kurze Lüftungsphase führt zu einem dazu, dass der Wärmeverlust möglichst gering gehalten wird und die Raumtemperatur genügend Frischluft enthält, die eine geringere Temperatur ermöglicht und als angenehm empfinden lässt.

Quelle: eigene Darstellung

## Anlage 20: Indirekte Energiesuffizienz-Maßnahmen Raumwärme: Expertenbewertung

	Bis 2030					2030 bis 2050				
	Sehr wichtig	wichtig	mittel	Relativ unwichtig	unwichtig	Sehr wichtig	wichtig	mittel	Relativ unwichtig	unwichtig
Leitbild "Schrumpfung vom Rand" planerisch umsetzen	3	1	1			3	1	1		
Keine Neubauflächen in Randlage ausweisen	4	1				4	1			
Energieausweise verpflichtend einführen		1	3	1			1	3	1	
Abrissprogramme für leerstehende Häuser		4	1				4	1		
Sanierungsprogramme	5					5				
Aufkauf von Flächen von Seiten der Stadt und ggf. Weitervermarktung	1		4			1		4		

Quelle: Auswertung Delphi-Befragung; eigene Darstellung

Einige Maßnahmen wurden in den Interviews zum Thema Raumwärme immer mal wieder angesprochen, um auf Grundvoraussetzungen für das Gelingen der Energiesuffizienzförderung hinzuweisen. Diese Maßnahmen ermöglichen energiesuffizientes Verhalten eher indirekt.

In der Expertenbefragung wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gebeten, die Wichtigkeit dieser Maßnahmen anhand einer fünfstufigen Skala zu bewerten. Fünf der 10 Befragten haben ihre Bewertung zu diesen indirekten Maßnahmen abgegeben. Das Ergebnis zeigt, dass sich keine veränderten Bewertungen im Zeitraum zwischen den ersten 20 Jahren und den zweiten 20 Jahren ergeben. Sanierungsprogramme, die der Förderung der Energieeffizienz zugeordnet werden, werden von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern als sehr wichtige Maßnahme gesehen. Auch der Verzicht auf die Ausweisung von Neubauflächen in Randlage wird von allen als sehr wichtig oder wichtig bewertet.

## Anlage 21: Zusätzliche Maßnahmen zur Energiesuffizienzförderung im alltäglichen Personenverkehr

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsbereich	Indikator (mit motor. VM)	Wirkungsrichtung		Räumliche Wirkung
		Wege-zweck		bis 2030	2030-2050	Umsetzungsebene
				Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	
Rahmenbedingungen für Wahlfreiheit der Mobilität erhalten (Alternativen zum Autokauf)	Vernetzung der Verkehrsangebote des Umweltverbundes (ÖV, Rad, Carsharing) verbessern: räumliche und tarifliche Integration, integrierte Informations- und Buchungsplattformen (Smartphone-Apps) für alle Verkehrsträger	Alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	*	*	Im gesamten Stadtbezirk besser noch in der Stadt/Region
			Ø Wegezahl pro Pers.	***	***	
	Einführung eines Bürgertickets für den öffentlichen Verkehr (im Stadtgebiet bis 2030, in der Region bis 2050)	Alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	*	*	Im gesamten Stadtbezirk besser noch in der Stadt/Region
			Ø Wegezahl pro Pers.	***	***	
Gegebenheiten für motorisierten Verkehr erschweren, damit näher gelegene Ziele gewählt werden	Einführung einer City Maut o.ä.	Alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	***	***	Im gesamten Stadtbezirk besser noch in der Stadt/Region
			Ø Wegezahl pro Pers.	***	***	
Beratungsangebote verbessern/ Umdenken und Verhaltensänderung fördern	Informations- und Bildungskampagnen gegen den Flugverkehr	Alle Wege-zwecke	Ø Wegelänge	k.A.	k.A.	Im gesamten Stadtbezirk
			Ø Wegezahl pro Pers.	k.A.	k.A.	

Quelle: Auswertung Delphi-Befragung Experten; eigene Darstellung

## Anlage 22: Zusätzliche Strategien zur Energiesuffizienzförderung im Bereich Raumwärme

Strategie	Maßnahmen	Wirkungsrichtung		Räumliche Wirkung
		bis 2030	2030-2050	Umsetzungsebene
		Wirkung (Mittelwert)	Wirkung (Mittelwert)	
Mehrfachnutzung, Gemeinschaftswohnen, Zwischenmiete, Untermiete	Informationskampagnen und -veranstaltungen; Umbau und Neubau; Modellprojekte; Erfahrungsaustausch	**	***	Auf Einzelobjektebene aber im gesamten Stadtbezirk
Nudging (Ökostrom bei Neuverträgen für Nachstromspeicherheizungen)	Gesetzliche Regelungen	***	***	Im gesamten Stadtbezirk
Zwangsberatung zur Bedienung der Heizungsanlage für alle Mieter bei Wartung/Austausch	Gesetzliche Regelungen, Informationskampagnen	***	***	Im gesamten Stadtbezirk
Transformationale Produkte (Folkwang Uni der Künste)	Informationskampagnen	***	***	Auf Einzelobjektebene aber im gesamten Stadtbezirk
Technische Assistenzfunktionen (automatische Fensteröffnung zur Lüftung)	Architektonische Maßnahmen beim Umbau oder Neubau	***	***	Auf Einzelobjektebene aber im gesamten Stadtbezirk
Feedback und Einordnung zu Nachbarn	Infokampagnen/ Bildung/ Wettbewerbe	***	***	Quartiersspezifisch oder auf Ebene der Verkehrszellen
Smart Home-Konzepte, die Beheizung und Lüftung vollständig automatisieren und damit zu gleichmäßigeren Temperaturkurven führen	Architektonische Maßnahmen bei Neubau oder Umbau, Informationskampagnen	****	***	Auf Einzelobjektebene

Quelle: Auswertung Delphi-Befragung Experten; eigene Darstellung

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Technische Infrastruktursysteme im Kontext nachhaltiger Stadtentwicklung .....	14
Abbildung 2: Theoretisch-konzeptionelle Schritte im Forschungsablauf .....	18
Abbildung 3: Empirische und finale Schritte im Forschungsablauf .....	19
Abbildung 4: Dimensionen des Suffizienz-Begriffs.....	24
Abbildung 5: Hebelwirkung von Lebensstilen.....	32
Abbildung 6: Schematische Darstellung von städtebaulichen Leitbildern unter Schrumpfungsbedingungen .....	38
Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren von 1990 bis 2014 .....	44
Abbildung 8: Anteile von Energieträgern am Endenergieverbrauch im Verkehr in 2014.....	44
Abbildung 9: Anteile der Verkehrsarten am Verkehrsaufwand im Personenverkehr in 2012 .....	45
Abbildung 10: CO <sub>2</sub> -Emissionen der Verkehrsarten in Gramm pro Personenkilometer .....	46
Abbildung 11: Prozentuale Anteile der einzelnen Anwendungsbereiche am Primärenergieverbrauch von Wohngebäuden im Jahr 2013 .....	54
Abbildung 12: Entwicklung der durchschnittlichen Wohnfläche pro WE von 1990 bis 2013 .....	55
Abbildung 13: Raumwärmebedarf und Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf.....	56
Abbildung 14: Wege zur Veränderung der durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf .....	62
Abbildung 15: Transition enabling cycle .....	72
Abbildung 16: Ortsbegehung am 22.10.2010 in Vohwinkel .....	89
Abbildung 17: Ausprägung der Eigenschaften von <i>transition scenarios</i> .....	112
Abbildung 18: Lage Vohwinkels im Stadtgefüge Wuppertals.....	116
Abbildung 19: Die Wohnbebauung in Vohwinkel in den Jahren 1970 und 2010 .....	118
Abbildung 20: Quartiere in Vohwinkel.....	119
Abbildung 21: Detailkarte Vohwinkel: Stadtraumtypen auf Verkehrszellenebene.....	120
Abbildung 22: Untersuchungsansatz abgeleitet aus dem AZI .....	126
Abbildung 23: Zentrale Akteure im Handlungsfeld Energiesuffizienz in der Stadt(bezirks)entwicklung.....	127
Abbildung 24: Räumliche Verteilung Einkaufen: Güter des täglichen Bedarfs .....	147
Abbildung 25: Räumliche Verteilung der Bildungseinrichtungen.....	147

Abbildung 26: Räumliche Verteilung von Freizeiteinrichtungen .....	148
Abbildung 27: Räumliche Verteilung von Apotheken und Ärzten .....	148
Abbildung 28: Räumliche Verteilung der Brief- und Paketdienstleister, Banken und Geldautomaten .....	149
Abbildung 29: Räumliche Verteilung der ÖPNV-Stationen und Car- Sharing .....	149
Abbildung 30: Radwege in Vohwinkel im Jahr 2013 .....	150
Abbildung 31: Auswahl an Alternativen zur Erstellung der Bilanzen für den alltäglichen Personenverkehr .....	164
Abbildung 32: Raumwärme: Schritte zur Energiebilanz für das Jahr 2010 .....	171
Abbildung 33: Darstellung der zurückgelegten Strecke im Referenz- Szenario .....	177
Abbildung 34: Straßenzug in Vohwinkel-Mitte und monostrukturiertes Wohnviertel in Tesche .....	178
Abbildung 35: Referenz-Szenario 2050: Einzelhandel und Grundschulen .....	180
Abbildung 36: Referenz-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Veränderung der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung zwischen 1990 und 2050 .....	187
Abbildung 37: Referenz-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf in Vohwinkel von 1990 bis 2050 .....	192
Abbildung 38: MS-Szenario: Darstellung der zurückgelegten Strecke durch Vohwinkel .....	194
Abbildung 39: MS-Szenario: Wohngebiete, in denen sich die Bevölkerung im Zuge des Umzugsmanagements in Vohwinkel verstärkt ansiedeln soll .....	196
Abbildung 40: MS-Szenario: Infrastruktur Fahrrad im Jahr 2050 in Vohwinkel .....	198
Abbildung 41: Wohngebiete im südlichen Vohwinkel .....	200
Abbildung 42: MS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 .....	204
Abbildung 43: Alltäglicher Personenverkehr in Vohwinkel: Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf im Jahr 2050 in verschiedenen Szenarien .....	206
Abbildung 44: MS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 .....	208
Abbildung 45: Raumwärme privater Haushalte: Vergleich der CO <sub>2</sub> - Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung im Jahr 2050 in verschiedener Szenarien .....	209

Abbildung 46: TTS-Szenario: Darstellung der zurückgelegten Strecke der Besichtigungstour durch Vohwinkel und Entwicklung der einzelnen Wohn- und Mischgebiete im Jahr 2050 .....	216
Abbildung 47: TTS-Szenario: Entwicklung der Wohn- und Mischgebiete im Jahr 2050 .....	218
Abbildung 48: TTS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 .....	222
Abbildung 49: Vergleich der Reduktionsergebnisse im alltäglichen Personenverkehr in Vohwinkel für CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der verschiedenen Szenarien von 1990 bis 2050 .....	223
Abbildung 50: TTS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 .....	225
Abbildung 51: Vergleich der Reduktionsergebnisse im Bereich Raumwärme privater Haushalte in Vohwinkel für CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der verschiedenen Szenarien von 1990 bis 2050 .....	225
Abbildung 52: Sensitivität Elektromobilität (alltäglicher Personenverkehr): Spannweite der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 zwischen den neun Szenarien .....	229
Abbildung 53: Sensitivität Raumwärme: Spannweite der CO <sub>2</sub> -Reduktionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung von 1990 bis 2050 zwischen den neun Szenarien .....	232
Abbildung 54: Multi-Level-Perspektive auf das Untersuchungsfeld Energiesuffizienz in der Stadt(teil)entwicklung von Vohwinkel .....	238
Abbildung 55: Alltäglicher Personenverkehr: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf in % von 1990 bis 2050 .....	244
Abbildung 56: Anonymisierte Liste der befragten Experten .....	288
Abbildung 57: Anonymisierte Liste der befragten Akteure .....	289
Abbildung 58: Anonymisierte Liste der Teilnehmer des Akteursworkshops .....	290
Abbildung 59: Wuppertal: Anteile der Energieträger an der Energienachfrage privater Haushalte in 2009 .....	299
Abbildung 60: Wuppertaler Verkehrssektor: Anteile der Energieträger an den CO <sub>2</sub> -Emissionen in 2009 .....	302
Abbildung 61: Wuppertaler Verkehrssektor: Anteil der Verkehrsarten an den CO <sub>2</sub> -Emissionen im Jahr 2009 .....	302
Abbildung 62: Anteile der Energieträger am Energieverbrauch für Raumwärme von HH in 2010 in Vohwinkel .....	311

Abbildung 63: Anteil der Heizungsarten an der Versorgung von HH in 2010 in Vohwinkel.....	311
--	-----



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung der Kritik an der Suffizienz-Strategie.....	29
Tabelle 2: Grundlegende Anpassungsoptionen im Infrastrukturbereich.....	35
Tabelle 3: Struktur und Energieverbrauch von Wohngebäuden in Deutschland .....	55
Tabelle 4: Interviewpartner beim episodischen Interview .....	87
Tabelle 5: Inhaltliche und Prozesskriterien von transition scenarios .....	110
Tabelle 6: Historische Entwicklung Vohwinkels .....	116
Tabelle 7: Einwohnerentwicklung in Vohwinkel von 1851 bis 2050 .....	121
Tabelle 8: Ausgewählte Daten zu Vohwinkel und seinen Quartieren für das Jahr 2010 .....	121
Tabelle 9: Akteursanalyse: Lokalpolitiker.....	128
Tabelle 10: Akteursanalyse: Stadtverwaltung (Stadtplanungsamt).....	129
Tabelle 11: Akteursanalyse: Bürger.....	131
Tabelle 12: Akteursanalyse: private Haus- und Wohnungseigentümer.....	132
Tabelle 13: Akteursanalyse: Wohnungsbaugesellschaften und - genossenschaften .....	132
Tabelle 14: Akteursanalyse: Eigentümerverbände.....	133
Tabelle 15: Akteursanalyse: Kirchen und Wohlfahrtsverbände .....	134
Tabelle 16: Akteursanalyse: ortsansässige Vereine.....	135
Tabelle 17: Akteursanalyse: Architekten.....	135
Tabelle 18: Akteursanalyse: Einzelhandel und lokale Gewerbevereine.....	136
Tabelle 19: Akteursanalyse: Verkehrsbetriebe.....	137
Tabelle 20: Strategien und Maßnahmen zur Suffizienzförderung im Raumwärmebereich privater Haushalte .....	153
Tabelle 21: Strategien und Maßnahmen aus dem Bereich motorisierter Personenverkehr.....	154
Tabelle 22: Unterteilung des Personenverkehrs mit Angaben zu den Anteilen am Verkehrsaufwand der jeweiligen Oberkategorie in Deutschland .....	161
Tabelle 23: Vergleich verschiedener Merkmale der Verkehrsbefragung Vohwinkel mit unterschiedlichen Grunddaten .....	162
Tabelle 24: Annahmen zum Modal Split und Jahresverkehrsaufwand (Alltagsverkehr) der Vohwinkeler Bevölkerung im Basisjahr 2010 .....	166
Tabelle 25: Megajoule und CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Personenkilometer nach verschiedenen Verkehrsmitteln im Jahr 2010 .....	167
Tabelle 26: Alltäglicher Personenverkehr: Basisjahr 2010 Energienachfrage und CO <sub>2</sub> -Emissionen in Vohwinkel.....	167

Tabelle 27: Alltagsverkehr: Energienachfrage und CO <sub>2</sub> -Emissionen in 1990 und 2010 für Vohwinkel.....	169
Tabelle 28: Raumwärme: Basisjahr 2010 Energienachfrage und CO <sub>2</sub> -Emissionen in Vohwinkel.....	172
Tabelle 29: CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren (mit Vorkette) für ausgewählte Energieträger in 2010 .....	172
Tabelle 30: Raumwärmenachfrage privater Haushalte in Vohwinkel in den Jahren 1990 und 2010.....	173
Tabelle 31: Qualitative Wirkungen des externen Treibers "Demographische.....	174
Tabelle 32: Entwicklung zentraler Rahmenbedingungen in Vohwinkel.....	175
Tabelle 33: Entwicklung des Verkehrsaufwandes bis 2050 in verschiedenen Langzeitstudien.....	183
Tabelle 34: Referenz-Szenario: Alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung zentraler Parameter bis zum Jahr 2050 .....	184
Tabelle 35: Referenz-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der Energienachfrage und der CO <sub>2</sub> -Emissionen absolut und pro Kopf zwischen 1990 und 2050 .....	186
Tabelle 36: Entwicklung der Wohnfläche pro Person bis 2030/2050 .....	188
Tabelle 37: Referenz-Szenario für Raumwärme privater Haushalte: zentrale Größen bis 2050 in Vohwinkel.....	190
Tabelle 38: Referenz-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der Endenergienachfrage und der CO <sub>2</sub> -Emissionen in Vohwinkel absolut und pro Kopf zwischen den Jahren 1990 und 2050.....	191
Tabelle 39: MS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - zentrale Ergebnisse für die Indikatoren .....	203
Tabelle 40: MS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der Energienachfrage und der CO <sub>2</sub> -Emissionen absolut und pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung zwischen 1990 und 2050.....	204
Tabelle 41: MS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der Indikatoren in Vohwinkel .....	207
Tabelle 42: MS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - Entwicklung der Energienachfrage und CO <sub>2</sub> -Emissionen von 1990 bis 2050 in Vohwinkel.....	208
Tabelle 43: TTS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - zentrale Ergebnisse für die Indikatoren .....	221
Tabelle 44: TTS-Szenario: alltäglicher Personenverkehr - Entwicklung der Energienachfrage und der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Vohwinkeler Bevölkerung.....	222

Tabelle 45: TTS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte – Entwicklung der Indikatoren.....	224
Tabelle 46: TTS-Szenario: Raumwärme privater Haushalte - zentrale Ergebnisse für Endenergienachfrage und CO <sub>2</sub> -Emissionen der Vohwinkeler Bevölkerung .....	224
Tabelle 47: Sensitivität Elektromobilität (alltäglicher Personenverkehr): CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf der Vohwinkeler Bevölkerung in den Jahren 1990 und 2050 .....	228
Tabelle 48: Sensitivität Sanierungsrate: CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kopf für Raumwärme (t/a) 1990 und 2050 .....	230
Tabelle 49: Sensitivität Bevölkerung (alltäglicher Personenverkehr): Veränderung der CO <sub>2</sub> -Emissionen (t) der gesamten Vohwinkeler Bevölkerung.....	234
Tabelle 50: Sensitivität Bevölkerung (Raumwärme privater Haushalte): Veränderung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der gesamten Vohwinkeler Bevölkerung.....	234
Tabelle 51: Strategien und zentrale Akteursgruppen für die Einführung und Umsetzung im Raumwärmebereich privater Haushalte .....	241
Tabelle 52: Strategien für die Einführung und Umsetzung von Energiesuffizienz, zugeordnet zu Akteursgruppen im Personenverkehr.....	242
Tabelle 53: Veränderung der Indikatoren zur Messung energiesuffizienten Verhaltens in den Bereichen Raumwärme und Personenverkehr im TTS-Szenario .....	247
Tabelle 54: Meilensteine der Klimaschutzaktivitäten in Wuppertal .....	296
Tabelle 55: Raumwärme privater Haushalte in Wuppertal für 1990 und 2009 .....	300
Tabelle 56: Personenverkehr in Wuppertal 1990 und 2009: Energienachfrage und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	303
Tabelle 57: Annahmen zu Wegelängen bei lückenhaften Daten ohne VZ oder Quartiersangabe bzw. innerhalb einer Verkehrszelle.....	305
Tabelle 58: Auswertung der Wegezwecke der Vohwinkeler Bevölkerung.....	306
Tabelle 59: Auswertung des Modal Splits der Teilnehmer aus Vohwinkel .....	307
Tabelle 60: Modal Split der Befragten differenziert nach Wegelängengruppen bezogen auf Wegezähl 2011 .....	308
Tabelle 61: Kennwerte des motorisierten Verkehrs der Vohwinkeler 2011 .....	309
Tabelle 62: Grunddaten zur Wohnsituation in Vohwinkel 2010 .....	310
Tabelle 63: Raumwärme: Energieverbrauch pro Quadratmeter bewohnter Wohnfläche in 2010.....	311
Tabelle 64: Endenergieverbrauch nach Heizungsarten in Vohwinkel 2010 .....	312

Tabelle 65: Megajoule und CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Personenkilometer nach verschiedenen Verkehrsmitteln in den Jahren 2010, 2030 und 2050 .....	320
Tabelle 66: Effizienzentwicklung bei Pkw 2010-2050 angegeben in MJ pro Pkm (Flottendurchschnitt).....	321
Tabelle 67: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Antriebsart bei Pkw pro Pkm.....	321
Tabelle 68: Prozentuale Anteile der Antriebsarten bei Pkw an der Gesamtfahrleistung in den Jahren 2010, 2030 und 2050 .....	322
Tabelle 69: Anteile der Verkehrsmittel am motorisierten Verkehrsaufwand der Vohwinkeler Bevölkerung .....	322
Tabelle 70: Annahmen zum Energiemix Raumwärme in den Jahren 2010, 2030 und 2050 für Vohwinkel.....	323
Tabelle 71: Abgeschätzter Heizwärmeverbrauch in kWh(m <sup>2</sup> *a) 2010, 2030 und 2050 .....	323
Tabelle 72: Mittlerer Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlagen nach Energieträgern für 2030 und 2050.....	324
Tabelle 73: LCA-Faktoren für die Jahre 2010, 2030 und 2050 in g/kWh CO <sub>2</sub> .....	324
Tabelle 74: TTS-Szenario für den alltäglichen Personenverkehr: quantifizierte Maßnahmen(bündel).....	325
Tabelle 75: TTS-Szenario für Raumwärme privater Haushalte: quantifizierte Strategien.....	327

## Abkürzungsverzeichnis

A	Jahr
A 46	Autobahn 46
ALG II	Arbeitslosengeld II (ugs.: Harz IV)
Anm.	Anmerkung
AZI	Akteurzentrierter Institutionalismus
B 228	Bundesstraße 228
BAU	Business as usual
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BEE	Bundesverband Erneuerbare Energien
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU(B)	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz (Bau) und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
bspw.	beispielsweise
° C	Grad Celsius
CCS	Carbon Capture and Storage
C <sub>eff</sub>	Carbon Efficiency
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> e	Kohlendioxid äquivalent
CSCP	Collaborating Centre for Sustainable Consumption and Production
d.h.	das heißt
DENA	Deutsche Energieagentur
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DR	Demand reduction
ebd.	ebendort
eea	European Energy Award
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
et al.	et alii
etc.	et cetera
EW	Einwohner

EWI	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln
EZFH	Ein- und Zweifamilienhaus/ -häuser
f.	und folgende (Seite)
ff.	und die folgenden (Seiten)
FH-ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
Fkm	Fahrzeugkilometer
FNP	Flächennutzungsplan
Fr.	Frau
g	Gramm
GEA	Global Energy Assessment
GFD	Geschossflächendichte
GFH	Große Mehrfamilienhäuser
ggf.	gegebenenfalls
GGG	Gemischt genutzte Gebäude
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GHG	Greenhouse Gas
GJ	Gigajoule
GP	Gesprächspartner
GWh	Gigawattstunde
GWS	Gesellschaft für wissenschaftliche Strukturforschung mbH
HH	Haushalte
Hr.	Herr
Hrsg.	Herausgeber
I&K-Technologie	Informations- und Kommunikationstechnologie
i.e.S.	im engeren Sinn
IEA	International Energy Agency
Infas	Institut für angewandte Sozialwissenschaft
IP	Interviewpartner
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
i.w.S.	im weiteren Sinn
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
J.	Jahr(e)
k.A.	keine Antwort
Kap.	Kapitel
Kfz	Kraftfahrzeug
KIT	Karlsruher Institut für Technologie

---

Km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
kons.	konservativ
kWh	Kilowattstunde
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LCA	Life-Cycle-Assessment
M	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhaus/ -häuser
Mio.	Millionen
MIV	motorisierter Individualverkehr
MJ	Megajoule
MKULNV / MUNLV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein- Westfalen
MLP	Multi-Level-Perspektive
motor. VM	motorisierte Verkehrsmittel
Mrd.	Milliarde(n)
MS	Moderate Suffizienz
MV	motorisierter Verkehr
NN	Normalnull
NOx	Stickoxide
NRW	Nordrhein-Westfalen
o.J.	ohne Jahr
O-Bus	Oberleitungsbus
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
opt.	optimistisch
P&R	Park und Ride
ÖV	Öffentlicher Verkehr
p.a.	per annum
p.P.	pro Person
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
ppm	particles per million
PTJ	Projekträger Jülich
Ref.-Szenario	Referenz-Szenario
s.	siehe

S-Bahn	Schnellbahn
S <sub>eff</sub>	Systemic/ Infrastructural Efficiency
SUV	Sport Utility Vehicle
t	Tonne(n)
Tab.	Tabelle
tägl.	täglich
T <sub>eff</sub>	Technological Efficiency
THG	Treibhausgase
TRANSCE	Transition Scenarios
TREMOD	Transport Emission Model
TS	Transition Scenario(s)
TTS	Transition to sufficiency
TWh	Terawattstunde(n)
u.a.	und andere
UBA	Umweltbundesamt
U-Bahn	Untergrundbahn
ugs.	umgangssprachlich
UN	United Nations
USA	United States of America
u.U.	unter Umständen
vgl.	vergleiche
VZ	Verkehrszelle
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WFM	Wohnflächenmoratorium
WG	Wohngemeinschaft
WP	Wärmepumpe
WSchVO	Wärmeschutzverordnung
WSW	Wuppertaler Stadtwerke
WWF	World Wide Fund for Nature
WZ	Westdeutsche Zeitung
z.B.	zum Beispiel



## Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund des sich verstärkenden Klimawandels und der Verknappung fossiler Energieträger gewinnt das Thema einer schnellen, aber langfristig nachhaltigen Senkung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen auf ein Minimum vermehrt an Bedeutung. Die städtische Ebene bietet als Bindeglied zwischen individuell handelnden Personen auf der Mikroebene und (inter)nationalen Institutionen auf der Makroebene eine interessante Analyse- und Gestaltungskategorie des Energiesystems.

Bislang stehen technisch orientierte Lösungswege wie Energieeffizienz und der Einsatz erneuerbarer Energien mit ihren sozialen Implikationen im Forschungsinteresse. In der vorliegenden Arbeit wird eine weitere Nachhaltigkeitsstrategie, die Energiesuffizienz, unter Anwendung verschiedener Konzepte des Transition-Ansatzes analysiert. Unter Energiesuffizienz wird kurz gesagt die Reduzierung der Nachfrage nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen verstanden. Zwei Sektoren, die zusammen genommen einen großen Teil der städtischen Energienachfrage ausmachen, stehen im Fokus: Raumwärme (privater Haushalte) sowie (alltäglicher) Personenverkehr.

In einigen Städten und Regionen der Industrienationen treten neben dem Klimawandel weitere Herausforderungen wie der demographische Wandel sowie wirtschaftliche und finanzielle Schwierigkeiten schon heute gemeinsam auf. Ein Beispiel ist die Stadt Wuppertal und hier insbesondere der Stadtteil Vohwinkel, der für eine Fallstudie ausgewählt wurde.

Aus theoretischer Sicht wird untersucht, ob Energiesuffizienz in der Stadtentwicklung ein konkretes Transformationsfeld im Rahmen der *sustainable urban transition* ist. Zum anderen wird die Frage diskutiert, ob Energiesuffizienz mit den zentralen Konzepten des Transition-Ansatzes zu analysieren ist und wenn ja, ob Erweiterungen/Anpassungen vorgenommen werden sollten.

Für Vohwinkel wird entsprechend der Phase der Problemanalyse des *transition enabling cycle* eine Akteursanalyse vorgenommen. Daraufhin wird eine Problemstrukturierung der derzeitigen Situation durchgeführt, die zeigt, welche Faktoren energiesuffizientes Handeln hemmen und begünstigen. Außerdem wird untersucht, welche Strategien und Maßnahmen auf städtischer Ebene aus Akteurs- und Expertensicht dazu geeignet sind, Energiesuffizienz zu fördern.

Entsprechend der Phase der Visionsentwicklung des *transition enabling cycle* werden anschließend drei Langzeitszenarien entwickelt, die unterschiedliche Umsetzungstiefen der Energiesuffizienz-Strategie zeigen: Referenz-Szenario (ohne Energiesuffizienz), Moderates-Suffizienz-Szenario (wenige, konsensorientierte Strategien und Maßnahmen), Transition-to-Sufficiency-Szenario (Kombination vielfältiger Push- und Pull-Maßnahmen). Die Langzeitszenarien bestehen jeweils aus einem qualitativen Bild, das Veränderung der Stadtteilstruktur und der Alltagspraxis verdeutlichen und aus einem quantitativen Teil, in dem Veränderungen der Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-

Emissionen zwischen dem Jahr 1990 und dem Jahr 2050 auf Grundlage einer Expertenbefragung im Delphi-Verfahren abgeschätzt werden.

Die Analyse in Vohwinkel zeigt, dass die kommunale Ebene als Ansatzpunkt für die Untersuchung von Energiesuffizienz einige Vorteile bietet. Auch wenn sich derzeit noch nicht alle als «zentral» definierten Akteure ihrer Bedeutung und ihres Handlungsspielraums bewusst sind, ist das Interesse an dem Thema geweckt. Die Langzeitszenarien zeigen, dass durch engagiertes Umsetzen der Energiesuffizienz-Strategie der Alltag in vielen Lebensbereichen verändern wird. Bei der Abschätzung der Einspareffekte auf Energienachfrage und CO<sub>2</sub>-Emissionen wird deutlich, dass eine substanzielle Minderung gegenüber dem Referenz-Szenario nur durch Kombination verschiedenster fördernder und fordernder Strategien/Maßnahmen gelingt. Sensitivitätsrechnungen zur Elektromobilität und der energetischen Sanierung von Wohngebäuden zeigen, dass in Fällen langsamerer Entwicklung als in den Hauptszenarien angenommen, die Bedeutung von Energiesuffizienz als Strategie zur Unterstützung der Klimaneutralität zunimmt.

## Abstract

Due to increasing climate change and a shortage of fossil energy resources, a fast but sustainable reduction of energy use and therewith a decrease of greenhouse gas emissions to a minimum gains more and more importance. The urban level, having a linking function between individuals (micro level) and (inter)national institutions (macro level), offers an interesting point for analyzing the energy system.

Up to now, the research focused on technologically oriented approaches, such as energy efficiency and renewable energy technologies with their social implications. In this thesis a further sustainability strategy, the so-called energy sufficiency, is analyzed by applying different concepts of the *transition research* approach. To put it briefly, energy sufficiency can be defined as a demand reduction of energy intensive goods and services. Special emphasis is put on two sectors that jointly constitute a great portion of urban energy demand: space heating of private households and day-to-day passenger transport.

In addition to the climate change, in some cities and regions of the industrialized countries, already today, a variety of other challenges are emerging, such as the demographic change as well as economic and financial difficulties. One example is the city of Wuppertal, especially the district of Vohwinkel, which was selected as case study for this thesis.

From a theoretical point of view, the thesis analyzes if energy sufficiency represents a suitable research field in the *transition theory* for urban development. Moreover, the question is raised, if energy sufficiency as a predominantly non-technical strategy can be adequately analyzed by central concepts of the *transition theory*, and if so, if further adaptations are necessary.

In the case study of Vohwinkel a stakeholder analysis is conducted in accordance with the *problem analysis phase* of the *transition enabling cycle*. Subsequently, the current situation is structured to carve out factors that constrain or support energy sufficient behavior. Furthermore, it is analyzed which strategies and measures are suitable to support energy sufficiency in the long run according to stakeholders and experts.

In accordance with the phase of *vision development* of the *transition enabling cycle* three long term scenarios are developed. These scenarios differ regarding their depth of implementation of the strategy of energy sufficiency: a »reference scenario» (without energy sufficiency measures), a »moderate sufficiency scenario» (only a few measures with a broad stakeholder agreement) and a »transition to sufficiency scenario» (a combination of a variety of push and pull measures).

Each long term scenario consists of a qualitative part which highlights the changes in urban district structure as well as in daily routines of individuals and, based on an expert consultation (Delphi method), a quantitative part showing estimations on changes in energy demand and CO<sub>2</sub>-emission between 1990 and 2050.

The analysis of Vohwinkel shows that the urban level is an appropriate starting point for the investigation of energy sufficiency. Even though many stakeholders are

not yet aware of their importance and their possibilities for energy sufficiency, they show first interest in the topic. The long term scenarios show that there will be a fundamental shift in many areas of the everyday life if the energy sufficiency strategy becomes an integral part of city development and lifestyle choices. When estimating the effects of energy sufficiency measures on energy demand and CO<sub>2</sub>-emissions, it becomes apparent that a considerable reduction compared to the reference scenario can only be achieved by combining a variety of push and pull measures. Sensitivity analyses concerning electric mobility and the energy oriented refurbishment of houses show that in case development is assumed slower than in the main scenarios, the importance of energy sufficiency as a strategy to support climate neutrality increases.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei zahlreichen Personen für die vielfältige Unterstützung während der Erstellung der Dissertationsschrift bedanken.

Zunächst danke ich sehr herzlich Professor Dr.-Ing. Oscar Reutter und Professor Dr.-Ing. Felix Huber von der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen der Bergischen Universität Wuppertal für die Betreuung der Doktorarbeit. Ihre wertvollen Anregungen und Denkanstöße von der Eingrenzung des Themas über die Erstellung des Exposés bis hin zur fertigen Arbeit haben mir sehr geholfen. Die zahlreichen, oftmals von mir kurzfristig erbetenen Gespräche habe ich immer als sehr bereichernd empfunden.

Mein besonderer Dank gilt allen Akteuren aus Wuppertal/Vohwinkel sowie den Experten aus der Wissenschaft, die in Interviews, der Ortsbegehung, in Workshops und Befragungen ihre Zeit zur Verfügung gestellt und ihr Fachwissen eingebracht haben. Mit großer Offenheit haben sie sich auf das Thema Energiesuffizienz und die Diskussion zur zukünftigen Entwicklung eingelassen. Ohne ihre zum Teil mehrfache Teilnahme wäre die Erstellung der Arbeit nicht möglich gewesen. Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stadt Wuppertal und der Wuppertaler Stadtwerke danke ich darüber hinaus für die zur Verfügung gestellten Daten zum Untersuchungsraum Vohwinkel.

Die Dissertationsschrift ist im Rahmen des Promotionskollegs «Nachhaltigkeitsszenarien und zukunftsfähige Stadtentwicklung» am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie entstanden. Allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern danke ich sehr für die konstruktiven Anregungen und die freundschaftliche Arbeitsatmosphäre. Die «Vera und Georg Spahn-Stiftung» hat über drei Jahre hinweg das Dissertationsvorhaben finanziell unterstützt. Auch bei ihr bedanke ich mich sehr.

Ebenfalls ganz herzlich möchte ich mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen aus den drei Forschungsgruppen des Wuppertal Instituts für den fachlichen Austausch, die aufmunternden Worte sowie kleinen und großen Hilfestellungen bedanken. Hervorheben möchte ich Anja Bierwith, Carmen Dienst, Thomas Hanke, Professor Dr. Stefan Lechtenböhrer, Steven März, und Dr. Johannes Venjakob.

Für die hilfreichen Diskussionen über die letzten Fassungen der Arbeit und das Korrekturlesen danke ich Professor Dr. Rolf Eickelpasch, Jana Schomaker, Dr. Philipp Schönberger, Christina Terbille, Dr.-Ing. Gregor Waluga und Christiane Weiss.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden für die vielfältige Unterstützung während der gesamten Bearbeitungszeit bedanken. Mein besonderer Dank gilt meinem Freund Constantin, der immer ein offenes Ohr für Fragen, Probleme und Ideen zur Entwicklung der Arbeit hatte und mich bei der Formatierung unterstützt hat.

Warendorf, im Dezember 2016  
Marie-Christine Gröne

# Nachhaltigkeit bei oekom: Wir unternehmen was!

Die Publikationen des oekom verlags ermutigen zu nachhaltigerem Handeln – glaubwürdig und konsequent. Auch als Unternehmen sind wir Vorreiter: Ein umweltbewusster Büroalltag sowie umweltschonende Geschäftsreisen sind für uns ebenso selbstverständlich wie eine nachhaltige Ausstattung und Produktion unserer Publikationen.

Für den Druck unserer Bücher und Zeitschriften verwenden wir fast ausschließlich Recyclingpapiere, überwiegend mit dem Blauen Engel zertifiziert, und drucken wann immer möglich mineralölfrei und lösungsmittelreduziert. Unsere Druckereien und Dienstleister wählen wir im Hinblick auf ihr Umweltmanagement und möglichst kurze Transportwege aus. Dadurch liegen unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen um 25 Prozent unter denen vergleichbarer großer Verlage. Unvermeidbare Emissionen kompensieren wir zudem durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt zum Schutz des Klimas und zur Förderung der Artenvielfalt.

Als Ideengeber beteiligt sich oekom an zahlreichen Projekten, um in der Branche und darüber hinaus einen hohen ökologischen Standard zu verankern. Über unser Nachhaltigkeitsengagement berichten wir ausführlich im Deutschen Nachhaltigkeitskodex ([www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de](http://www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de)).

Schritt für Schritt folgen wir so den Ideen unserer Publikationen – für eine nachhaltigere Zukunft.



Jacob Radloff  
Verleger



Dr. Christoph Hirsch  
Leitung Buch



# Weitere Autoren im oekom verlag

*S. Borbonus*

## **Erneuerbare Energien in Entwicklungsländern**

Synergien zwischen Globaler Umweltfazilität und Clean Development Mechanism

Erscheinungstermin: 04.10.2012, 256 Seiten

In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern ist das Potenzial für Erneuerbare Energien zwar enorm, das nötige Kapital für Investitionen vor Ort aber selten vorhanden. Die Fördermechanismen der Klimarahmenkonvention und des Kyoto-Protokolls können hier Abhilfe schaffen. Sylvia Borbonus liefert wichtige Erkenntnisse zur Markteinführung erneuerbarer Energien in Entwicklungsländern und zur effektiven Umsetzung internationaler Klimapolitik.

*C. Baedeker*

## **Regionale Netzwerke**

Gesellschaftliche Nachhaltigkeit gestalten – am Beispiel von Lernpartnerschaften zwischen Schulen und Unternehmen

Erscheinungstermin: 08.11.2012, 304 Seiten

Eine nachhaltige Entwicklung erfordert eine umfassende gesellschaftliche Transformation. Regionale Nachhaltigkeitsnetzwerke und Kooperationen sind dabei von zentraler Bedeutung – insbesondere zwischen Unternehmen und anderen gesellschaftlichen Gruppen. Hier können alle Akteure von gegenseitigem Vertrauen, emotionaler Bindung, spezifischer Vor-Ort-Kenntnis und konkreter Ergebnisorientierung profitieren.

*S. Keller*

## **Die deutsche Windindustrie auf dem internationalen Markt**

Erfolgsfaktoren für Unternehmen

Erscheinungstermin: 08.05.2014, 414 Seiten

In den letzten zehn Jahren hat sich die weltweit installierte Windkraftleistung fast verzehnfacht. Gut fürs Klima – und lukrativ für Hersteller und Industrie. Während der bisherige Ausbau der Windenergie stark von deutschen und europäischen Unternehmen bestimmt wurde, sind inzwischen vor allem chinesische und amerikanische Unternehmen international führend. Zeit also, die Strategien und Erfolgsrezepte einer boomenden Branche zu prüfen.



# Weitere Autoren im oekom verlag

*A. Hamann*

## **Klimaschutzstrategien für Nichtwohngebäude in Stadtquartieren**

Bestandsmodellierung und CO<sub>2</sub>-Minderungsszenarien am Beispiel Wuppertal

Erscheinungstermin: 06.11.2014, 312 Seiten

Sie tragen die Nichtbeachtung schon im Namen: Sogenannte Nichtwohngebäude sind über ihre Raumwärme für rund 13 Prozent der CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen verantwortlich. Doch im Gegensatz zu Wohngebäuden werden Bürogebäude, Fabrikhallen, Handelsflächen und Kliniken bisher in Untersuchungen und Prognosen stark vernachlässigt. Dieses Buch bemisst nicht nur deren aktuelle Emissionen, sondern schildert auch Sanierungspotenziale und CO<sub>2</sub>-Minderungsszenarien bis zum Jahr 2050.

*S. Reicherz*

## **Strategische Frühaufklärung**

Ein ganzheitlicher Ansatz als Leitfaden für Unternehmen

Erscheinungstermin: 12.02.2015, 316 Seiten

Digitalisierung, Ressourcenknappheit und Urbanisierung – dies sind nur drei der gesellschaftlichen Entwicklungen, die kleine ebenso wie große Unternehmen vor erhebliche Herausforderungen stellen. Doch wie diesen gerecht werden? Wie die richtigen Weichenstellungen vornehmen? Die »Strategische Frühaufklärung« unterstützt Unternehmen dabei, Veränderungen rechtzeitig zu identifizieren und darauf zu reagieren. Die Beispiele der Offshore-Windstromerzeugung und der CO<sub>2</sub>-Reduzierung bei Siemens zeigen, wie aus Risiken Chancen werden können.

*O. Keilhauer*

## **Venture Capital für Erneuerbare-Energie-Technologien**

Eine empirische Analyse von Investitionshemmnissen

Erscheinungstermin: 07.07.2016, 344 Seiten

Technologische Innovationen sind ein wichtiger Erfolgsfaktor für ein Gelingen der Energiewende. Es sind vor allem sogenannte Venture-Capital-Investoren, die jungen Technologiefirmen Kapital und Expertise zur Verfügung stellen. Wieso aber tätigen diese in Deutschland bisher nur einen geringen Anteil ihrer Investitionen im Erneuerbare-Energien-Sektor? Oliver Keilhauer analysiert Investitionshemmnisse und gibt klare Handlungsempfehlungen, wie sich das Investitionsumfeld im Bereich Erneuerbarer Energien zielgerichtet verbessern lässt.

# Weitere Autoren im oekom verlag

*Ph. Schönberger*

## **Kommunale Politik zum Ausbau erneuerbarer Energien**

Handlungsmöglichkeiten, Praxisbeispiele und Erfolgsbedingungen

Erscheinungstermin: 02.06.2016, 272 Seiten

Kommunen engagieren sich immer mehr energie- und klimapolitisch: Stadtwerke bauen Windparks, Gemeinden planen Kindertagesstätten in Passivhaus-Bauweise, installieren Solarstromanlagen auf ihren Dächern und beraten ihre Bürgerschaft zu Energiefragen. Philipp Schönberger gibt anhand von drei Fallstudien einen systematischen Überblick über die Handlungsmöglichkeiten von Kommunen zum Ausbau erneuerbarer Energien – und die Erfolgsbedingungen kommunalpolitischer Maßnahmen und Strategien.

*G. Waluga*

## **Das Bürgerticket für den öffentlichen Personennahverkehr**

Nutzen – Kosten – Klimaschutz

Erscheinungstermin: 06.07.2017, 356 Seiten

Ein undurchsichtiger Tarifdschungel, unzureichende Verbindungen und ungerechtfertigt hohe Preise – das schreckt viele Menschen davon ab, den Bus oder die Bahn zu nehmen. Das »Bürgerticket«, ein neues, innovatives Finanzierungsmodell, könnte das ändern und den ÖPNV deutlich attraktiver machen. Gregor Waluga untersucht dies am Beispiel Wuppertals. Abgerundet wird seine Studie durch Vorschläge an Politik und Wirtschaft, wie das Bürgerticket in der Praxis umgesetzt werden kann.







Für den Klimaschutz müssen die Kohlendioxidemissionen verringert werden – massiv und schnell. Derzeit stehen dafür vor allem technische Lösungen im Fokus: bessere Energieeffizienz und mehr erneuerbare Energien. Diese Studie untersucht nun eine dritte, bislang zu wenig beachtete Strategie: die Energiesuffizienz. Sie verringert die Nachfrage nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen durch Verhaltensänderungen.

Zwei dafür wesentliche Sektoren werden behandelt: die Raumwärme der privaten Haushalte und der alltägliche Personenverkehr. Beide zusammen verursachen immerhin rund 40 Prozent der städtischen Energienachfrage. Am Beispiel eines Wuppertaler Stadtteils werden dafür lokale Akteure, geeignete Strategien und das erreichbare Einsparpotenzial an Energie und Kohlendioxid analysiert. In Szenarien bis zum Jahr 2050 werden die Einsparmöglichkeiten quantitativ abgeschätzt und die Auswirkungen auf das Alltagsleben der Menschen anschaulich beschrieben.

**Marie-Christine Gröne** ist Geografin und Politikwissenschaftlerin. Sie forscht seit 2009 am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Ihre Schwerpunkte sind Sustainable Transition, zukunftsfähige Stadtentwicklung und nachhaltige Energieversorgung im nationalen und internationalen Kontext.